



Uso de aceites esenciales en la producción de carne

Use of essential oils in meat production *



María Esther Ortega Cerrilla ¹, Itzel Yazmin Vera Herrera ¹, Adrián Muñoz Cuautle ², Rigoberto Vázquez Díaz ¹, Enrique Oropeza Mariano ³, Julio M. Ayala Rodríguez ¹, 

1 1 Colegio de Postgraduados, Posgrado Recursos Genéticos y Productividad-Ganadería, Carretera México-Texcoco km 36.5, Montecillos 56264, Estado de México, México. 2 Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Tecamachalco 75460, Tecamachalco, Puebla. 3 Universidad Autónoma de Guerrero, Centro Regional de Educación Superior de La Montaña. Carretera Huamuxtitlán-Totolapa, Huamuxtitlán 41200, Guerrero.  Autor de correspondencia: meoc@colpos.mx

Resumen

Los aditivos alimenticios han sido usados en animales desde hace años para aumentar su productividad y obtener productos de mayor calidad, como la carne. Sin embargo, algunos de ellos están siendo prohibidos, por sus posibles efectos negativos en la salud humana. Los aceites esenciales, que son mezclas de sustancias aromáticas obtenidas de las plantas, han mostrado tener efectos antibacterianos, antifúngicos, antioxidantes y antiinflamatorios, entre otros, gracias a compuestos que contienen como hidrocarburos terpénicos, alcoholes, aldehídos, cetonas, éteres, ésteres, compuestos fenólicos y fenilpropanoides, entre otros. Los aceites esenciales se han utilizado en diferentes especies animales destinadas a la producción de carne, mostrando resultados positivos al aumentar la producción y mejorar su calidad, teniendo también beneficios en la salud humana, como es el incremento en el contenido de ácidos grasos poliinsaturados, con lo que se reducen problemas inflamatorios y cardiovasculares.

Palabras clave: aceites esenciales, calidad de carne, conservación de la carne

Recibido: 05/10/2023. Aceptado: 31/12/2023

<https://doi.org/10.24275/uam/izt/dcbs/nacameh/PENDIENTE>

Abstract

Feed additives have been used for a long time to increase animal production and obtain better-quality meat. However, some of these additives have been banned due to their harmful effects on human health. On the other hand, essential oils are mixtures of aromatic compounds obtained from plants and have various beneficial effects such as antibacterial, antifungal, antioxidant, and anti-inflammatory properties. These properties are due to compounds such as terpenic hydrocarbons, alcohols, aldehydes, ketones, esters, phenolic compounds, and phenylpropanoids, among others. Essential oils have been used in several animal species dedicated to meat production and have shown positive results by increasing animal production and improving meat quality. Moreover, essential oils also have benefits to human health. They may increase unsaturated fatty acids that can reduce inflammatory and cardiovascular health problems.

Keywords: essential oils, meat quality, meat preservation.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad, es común el uso de antibióticos en la prevención, tratamiento de enfermedades, trastornos metabólicos y para conseguir que los animales tengan un mayor aprovechamiento del alimento (Benchaar y col., 2008). Sin embargo, en años recientes, cada vez el consumidor tiene mayor interés en consumir productos cárnicos y lácteos más saludables y sostenibles, lo que ha llevado a la búsqueda de del uso de otros promotores del crecimiento para los animales que no causen efectos nocivos al consumidor o al ambiente, reemplazando productos como los antibióticos (Sadig y col., 2018).

Los aceites esenciales (AE) son considerados compuestos seguros para ser consumidos por el ser humano y los animales (Jackson y col., 2023). Actualmente la inclusión de AE en la dieta del ganado ha despertado mayor interés, por el hecho ya demostrado de su eficacia para evitar reacciones de oxidación o el deterioro microbiano (Simitzis, 2017). Con la inclusión de AE se busca mejorar la función ruminal, protección de la salud animal y humana, además, en colaboración en la disminución en la producción de metano (CH₄), y ofrecer productos más saludables al consumidor.

Bovinos

La incorporación de AE en la alimentación de ganado tiene varios propósitos nutricionales, como son la regulación de los procesos de fermentación anaerobia en el rumen (Nehme y col., 2021). Además, mejoran la producción de secreciones digestivas, circulación sanguínea, reducen bacterias patógenas, mejoran la digestión prececal, la disponibilidad de nutrientes esenciales a nivel intestinal para su absorción, mitigan el estrés y contribuyen en la respuesta favorable del sistema inmune (Zeng y col., 2015).

Los AE también favorecen la degradación de proteínas incrementando su disponibilidad en el rumen (McIntosh y col., 2004; Kim y col., 2019) y su metabolismo, reduciendo los niveles

de amoníaco en el rumen, siendo más eficiente el uso del nitrógeno de la dieta al inhibirse la formación de amoníaco por desaminación de los aminoácidos (Simitzis, 2017). Yang y col. (2007) mencionan que puede darse el incremento de la digestibilidad de la proteína de manera significativa en un 11%. Además, puede aumentar la digestibilidad de otros nutrientes, mejorando la productividad del ganado, lo que se ha atribuido a su actividad antimicrobiana (Vakili y col., 2013).

Los AE tienen actividad similar a la que realizan los ionóforos, inhibiendo de manera selectiva bacterias Gram-positivas, con ello se afecta el transporte transmembrana de iones en estas bacterias repercutiendo en la producción de ácidos grasos de cadena corta (AGCC) (Dilorenzo, 2011). McIntosh y col. (2004) evaluaron el efecto de una mezcla de timol, eugenol, vainilla y limoneno AE sobre los microorganismos ruminales, al adicionar una mezcla de en cultivos in vitro, observando que algunos microorganismos se redujeron a menos de 100 ppm, siendo la más resistente *Streptococcus bovis*, y las menos, *Prevotella ruminicola*, *Clostridium sticklandii* y anaerobios como *Peptostreptococcus*. Estos autores concluyen que con dosis por arriba de 1000 ppm los AE tienen la capacidad de inhibir el crecimiento de la mayoría de los microorganismos ruminales. La actividad antimicrobiana puede reducir la biohidrogenación ruminal y por lo tanto aumentar la deposición de ácidos grasos polinsaturados (PUFA) en carne (Rivanoli y col., 2016).

En forma frecuente en los corrales de engorda el ganado es suplementado con niveles sub-terapéuticos de antibióticos. Sin embargo, en años recientes ha sido cuestionado en el aspecto social, político y científico (McEchran y col., 2015). Además, los consumidores con mayor frecuencia buscan productos de animales alimentados sin antibióticos (Abrams, Meyers e Irani, 2010), ya que el uso generalizado de antibióticos en la producción ganadera causa resistencia a los antibióticos en el ser humano y en el ecosistema agrícola (Woolhouse y col., 2015)

Lo anterior ha hecho necesario buscar alternativas para dejar de proporcionar antibióticos al ganado y remplazarlos por otros productos con propiedades antimicrobianas, características que se encuentran en los aceites esenciales y ácidos orgánicos (Singer y col., 2019). Sin embargo, pocos estudios se han enfocado en el uso de AE sobre la calidad de la carne de bovinos (Wang y col., 2020).

No obstante, se ha encontrado que los AE permiten mejorar el rendimiento y la calidad de los productos derivados del ganado (Simitzis, 2017), al actuar como como promotores de crecimiento. Rivanoli y col. (2016) evaluaron el efecto de diferentes dosis de una mezcla de aceites esenciales (orégano, ajo, limón, eucalipto, tomillo, romero y naranja) sobre la calidad de la carne, en cuanto a composición química, color, capacidad de retención de agua, textura, oxidación de lípidos y composición de ácidos grasos, encontrando efectos positivos en cuanto a la capacidad de retención de agua, textura y menor oxidación de lípidos, recomendando dosis de 3,5 g/animal/día en ganado bovino de engorda, ya que

dosis por arriba de 3,5 g/animal/día puede tener un efecto prooxidante, al observarlo con dosis de 7 g/animal/día, la cual incremento la oxidación lipídica, pérdida de agua y se redujo el enrojecimiento de la carne. Ornaghi y col. (2017) al agregar aceites esenciales de clavo y canela con niveles de 3.5 – 7 g/animal/día en dietas de finalización altas en granos, reportan que se mejoró el rendimiento en crecimiento hasta en un 11%, sin afectar las características de la canal, siendo la dosis de 3.5 g/animal/día con la que se tuvieron los mejores resultados, especialmente al proporcionar aceite esencial de clavo. Estrada-Angulo y col. (2022) compararon los efectos de la mezcla de aceites esenciales comerciales (EO, CRINA, DSM Nutritional Products, Basel, Switzerland), más Vitamina D3 contra la combinación de monensina con virginiamicina sobre el rendimiento del crecimiento en corral de engorda y las características de la canal. Los resultados mostraron que la suplementación de aceites esenciales en combinación con vitamina D3 mejoró la utilización de la energía de la dieta en comparación con el ionóforo monensina más el antibiótico virginiamicina, también la combinación de aceites esenciales más vitamina D3 en finalización mejoró el área del músculo *Longissimus*, de la canal y el rendimiento de la canal.

El uso de aceites esenciales y sus mezclas pueden ser favorables para mejorar la eficiencia en el crecimiento, así como el rendimiento de la canal y su calidad, siendo una alternativa más aceptable para el consumidor de carne, que compuestos como ionóforos y antibióticos.

Ovinos y caprinos

Los AE de diversas especies de plantas se han utilizado en la alimentación de ovinos y caprinos, buscando los diversos efectos benéficos que pueden aportar en la producción de estas especies pecuarias; algunos de los beneficios que se han reportado son actividad antimicrobiana y antiinflamatoria (Mucha y Witkowska, 2021). El contenido de agua, su actividad y valores de pH de la carne afectan su vida útil (Osés y col., 2013); otro proceso de deterioro de la carne es la oxidación, que se presenta desde la conversión de músculo a carne, hasta su almacenamiento (Cunha y col., 2018), por lo que surge el interés de los efectos de los AE, en el rendimiento y características fisicoquímicas que permita inhibir la acción del oxígeno sobre las moléculas del organismo, por lo que los AE pueden ser una alternativa para mejorar la calidad de la carne (Simitzis y col., 2008).

Ovinos

Ranucci y col. (2019) Evaluaron la oxidación de la carne de cordero al incluir una mezcla de AE (eneldo (*Aneto graveolens*), corteza de canela (*Cinnamomum Zeylanicum* Blume) y eucalipto (*Eucalyptus globulus*) en la dieta 3 ml mezcla 1:1:1. El peso final de la canal, la composición química, la cuenta de polifenoles totales y de ácidos grasos de la carne no presentaron diferencias ($P>0.05$). Sin embargo, el análisis de recuento viable total (TVC) fue diferente al séptimo día, con 6.58 log CFU/g TVC en la carne de borregos alimentados con la mezcla de AE ($P<0.05$) y de 7.03 en el tratamiento testigo. La actividad antioxidante en la carne fue mayor con la inclusión de la mezcla de AE ($P<0.05$); los productos de oxidación

primaria y secundaria fueron más altos ($P < 0.05$) en la carne de los corderos alimentados con la dieta testigo, comparados con los que tuvieron la dieta con la mezcla de AE. El color de la carne en el valor de L^* no presentaron efecto por tiempo de almacenamiento, ni la dieta ($P > 0.05$). El valor de a^* tuvo un efecto combinado de la dieta y el tiempo de almacenamiento con diferente nivel de enrojecimiento fue más estable con la inclusión de la mezcla de AE. El valor de C presentó diferencias ($P < 0.05$) con respecto al tiempo de almacenamiento, los valores fueron menores al día 7 de almacenamiento, comparados con el día 0. Gümüş y col. (2017) realizaron una investigación con corderos en la que evaluaron tres tratamientos, el primero una dieta base (testigo), el segundo con la inclusión de 200 mg kg^{-1} de una preparación comercial (Orego-Stim de Ecopharm Hellas S.A[®]) conteniendo 5% de AEO *O. vulgare* subsp. *Hirticum*, y 95% de vehículo inerte; el tercer tratamiento con inclusión de 400 mg kg^{-1} de Orego-Stim[®]. La oxidación lipídica en el tratamiento con la dosis baja de AEO fue significativamente menor, en comparación a la dosis alta de AEO y al tratamiento testigo. El AEO no tuvo un efecto significativo sobre la actividad de la superóxido dismutasa ($P < 0.05$). Sin embargo, en la carne la actividad de la superóxido dismutasa fue menor en el tratamiento con inclusión de 200 mg de AEO, comparada con el tratamiento testigo y la inclusión de 400 mg de AEO ($P < 0.05$). La actividad enzimática de la catalasa y glutatión en carne fue mayor ($P < 0.05$) al incluir las dosis de AEO.

En otro estudio realizado por Imik y col. (2018) en donde evaluaron la calidad de carne de cordero al ser alimentados con tres tratamientos, una dieta basal como tratamiento testigo, el segundo tratamiento fue la dieta basal más 200 mg de AEO kg^{-1} de alimento, en tanto que el tratamiento tres recibió una ración basal más 400 mg de AEO kg^{-1} de alimento, utilizando Orego-Stim de Ecopharm Hellas S.A[®], con un contenido de 5% de AEO (*O. vulgare* subsp. *Hirticum*) y 95% de vehículo inerte. Los resultados al evaluar la calidad de la carne mostraron que la actividad del agua no presentó diferencias significativas por efecto de tratamiento, tampoco en el tiempo de almacenamiento, ni en la interacción tratamiento y tiempo de almacenamiento ($P > 0.05$). El valor de pH fue diferente en el tiempo de almacenamiento. El nivel de TBARS en el músculo *Longissimus dorsi* fue menor en el tratamiento con 200 mg de AEO, con efecto por tratamiento, tiempo de almacenamiento e interacción tratamiento y tiempo de almacenamiento ($P < 0.05$). La inclusión de 200 mg kg^{-1} de AEO en la dieta de corderos en el alimento afectó el color de la carne del músculo *Longissimus dorsi* el valor L^* aumentó y disminuyó el valor de a^* ($P < 0.05$); al adicionar 400 mg kg^{-1} de AEO disminuyó el valor de L^* ($P < 0.05$). Los valores de b^* fueron variables por efecto del tratamiento, tiempo de almacenamiento y la interacción tratamiento y tiempo de almacenamiento ($P < 0.05$). La inclusión de las distintas dosis de AEO previno el crecimiento de bacterias de los géneros *Micrococcus* y *Staphylococcus* en la carne, este efecto se mantuvo durante el tiempo de almacenamiento evaluado, siendo diferente ($P < 0.05$) al tratamiento testigo. El efecto contra *Pseudomonas* spp. fue diferente ($P < 0.05$) en el tratamiento con 200 mg de AEO con valores menores para los días 1, 5, 7, 11 y 13. La dosis de 400 mg solo tuvo efecto en el día 11 del periodo de almacenamiento.

García y col. (2020) realizaron la evaluación de aceite esencial de orégano (AEO) y monensina sódica sobre el efecto de la calidad de la carne de borregos Dorper x Pelibuey, repartidos en cinco tratamientos: testigo, monensina sódica (So) y tres niveles de AEO (LO 0.2 g/kg, MO 0.3 g/kg y HO 0.4 g/kg de MS). Los resultados mostraron que la estabilidad oxidativa de los lípidos no hubo diferencias en los distintos tratamientos ($P>0.05$). Sin embargo, la formación de malonaldehído fue mayor con el nivel HO de AEO y las dosis de So, LO y MO ($P<0.05$). Lo que demuestra la actividad antioxidante de las dosis de LO y MO similares a So.

En la investigación realizada por Muñoz y col. (2022) en la que se evaluaron dos dosis de aceite esencial de orégano (*Lippia graveolens*) 0.02% y 0.04% no se observaron diferencias en las características productivas; sin embargo, la adición de un 0.02% de AEO mejoró la actividad antioxidante, además de mantener la estabilidad de la proteína cruda de la carne.

Cabras

En un experimento se evaluó la inclusión de aceite esencial de orégano (AE) y cobalto (Co) contenidos en un producto comercial Rum-A-fresh (RAF), con una concentración de Co orgánico de 0.75% y 1.3% de AE. Se tuvieron tres grupos cada uno de 15 machos castrados de la raza cachemira, de peso inicial similar ($P>0.05$). Para cada tratamiento se proporcionó 0, 52 y 91 mg por animal/día de RAF. Los resultados mostraron que el peso final, la ganancia diaria de peso, la eficiencia de conversión alimenticia, el marmoleo de la carne, el peso y rendimiento de la canal, así como el porcentaje neto de carne y la relación carne-hueso, fueron diferentes ($P>0.05$) siendo mayores con la inclusión de RAF. La calidad de la carne presentó diferencias en el porcentaje de carne cocida, con valores más altos para los tratamientos con inclusión de la mezcla de AEO y Co. El ácido mirístico tuvo un valor menor en el tratamiento con 92 mg de la mezcla, siendo diferente ($P<0.05$) a los tratamientos con 0 y 52 mg. La concentración de ácidos grasos poliinsaturados, monoinsaturados, y saturados fue similar ($P>0.05$) entre tratamientos (Lei y col., 2018). Otros autores avaluaron la inclusión de AE de mirto, donde se utilizaron 21 machos cabríos divididos en tres grupos: (0, 0.3, y 0.6% de aceite esencial de mirto). El AE de mirto no afectó el consumo diario de MS, el peso de la canal y el rendimiento de la canal de los machos. El contenido de polifenoles fue mayor en la carne con los dos diferentes niveles de AE de mirto, en tanto que la oxidación de la carne fue menor ($P<0.05$) en comparación al tratamiento testigo con la inclusión de AE de mirto (Smeti y col., 2021).

En el metaanálisis realizado por Dorantes y col. (2022), donde uno de los parámetros evaluados fue la calidad de los productos de pequeños rumiantes (ovinos y caprinos) mostró el efecto de los AE en las variables del rendimiento de canal caliente y el área del músculo dorsal (*Longissimus dorsi*), los que aumentaron con la inclusión de AE ($P<0.05$), mientras

que el peso de la canal caliente, el peso de la canal fría y el espesor de la grasa dorsal no presentaron diferencias significativas.

Es importante mencionar que se requieren métodos más estandarizados para el uso de AE (Ukrainets, Pasichny y Zheludenko 2016), No obstante, diversos autores han observado resultados positivos al incluir AE en las características de la carne, encontrando que se reduce la oxidación, siendo una ventaja ya que se pueden sustituir antioxidantes sintéticos por antioxidantes de origen natural, que representan menor riesgo para el consumidor.

Cerdos

Actualmente en la investigación de nutrición de cerdos existe un interés por incluir en la dieta de los animales AE obtenidos de diferentes plantas, debido a su efecto positivo en la calidad de la carne.

Los AE tienen propiedades antioxidantes (Ebhoimen y col., 2023; Khodaei y col., 2021; Teixeira y col., 2013) y por tanto el potencial de aumentar el estado antioxidante de los cerdos en crecimiento y finalización, así como prevenir y retrasar la oxidación de lípidos.

Hanczakowska y col. (2015) evaluaron el efecto de una mezcla de extractos de salvia, ortiga, melisa y equinácea, en comparación con, hidroxitolueno butilado un antioxidante sintético, los extractos de hierbas no tuvieron ningún efecto sobre el rendimiento de la canal, pero mejoraron significativamente la estabilidad oxidativa de la carne congelada, coincidiendo con Norkeaw y col. (2023), quienes evaluaron dar linaza extruida suplementada con timol en polvo y extracto de té verde, encontrando un aumento en la estabilidad oxidativa de la carne 40.15 % y 41.21 % respectivamente. Por su parte, Gois y col. (2017) utilizaron aceite esencial de pimienta roja brasileña (*Schinus terebinthifolius* Raddi) en la dieta de cerdos, encontrando una reducción significativa en la producción de compuestos secundarios de la oxidación de lípidos en la carne cruda e inmediatamente después de la cocción.

Diversas investigaciones señalan que el efecto del aceite esencial de orégano (*Origanum vulgare* L.) mejora la estabilidad oxidativa, Klimiuk y col. (2023) demostraron que una inclusión del 3% de tomillo (*Thymus vulgaris*) en la dieta retrasa significativamente los procesos oxidativos, en tanto que Cheng y col. (2017) concluyeron que el aceite esencial de orégano además de mejorar la estabilidad oxidativa, aumentó la capacidad antioxidante total y la catalasa, coincidiendo con Ranucci y col. (2015), quienes probaron una mezcla de aceite esencial de orégano y extracto de madera de castaño.

La inclusión de AE ha demostrado beneficios para la salud humana al prevenir y reducir la incidencia de enfermedades cardiovasculares e inflamatorias al aumentar el contenido de ácidos grasos poliinsaturados (Lunn y Theobald, 2006). En la investigación realizada por Norkeaw y col. (2023), estos autores reportaron que la suplementación con timol y extracto de té verde aumentó el contenido de ácidos grasos n-3 y baja proporción n-6/n-3. El mismo efecto fue reportado por Cheng y col. (2017), al proporcionar orégano, al observar que el

porcentaje de ácidos grasos poliinsaturados fue mayor que en el grupo testigo, coincidiendo con Hanczakowska y col. (2015) y Gois y col. (2017), donde la inclusión de AE en la dieta causó un aumento lineal del contenido de ácidos grasos saturados en el músculo *Longissimus dorsi*, especialmente en los ácidos grasos mirístico (C14:0) y esteárico (C18:0).

Klimiuk y col. (2023) por su parte atribuyen que la inclusión del 3% de hierba de tomillo tuvo efecto benéfico en el metabolismo de los lípidos, al reducirse los niveles de colesterol y colesterol HDL, tanto en sangre como en el músculo *Longissimus dorsi*, obteniendo resultados similares a los de Hanczakowska, Świątkiewicz, y Grela (2015), quienes observaron una reducción del contenido de colesterol de la carne y de los índices aterogénicos.

Se ha demostrado que algunas características de la calidad de la carne no cambian al adicionar AE en comparación con el tratamiento testigo. Hanczakowska, Świątkiewicz, y Grela (2015) mencionan que la acidez de la carne, la capacidad de retención de agua, luminosidad y el enrojecimiento de la carne en muestras frescas y después del almacenamiento fueron similares en todos los grupos, pero el color amarillo fue menor cuando se utilizó el extracto de salvia, ortiga, melisa y equinácea. De la misma manera Long y col. (2016), reportan que el porcentaje de espesor de la grasa dorsal, el color de la carne, la grasa intramuscular y la pérdida de agua por cocción, no cambiaron al alimentar a los cerdos con hojas de *Lonicera macranthoides*. Gois y col. (2017) observaron que el aceite esencial de pimiento rojo brasileño (*Schinus terebinthifolius Raddi*) no tuvo efecto sobre el color de la carne de cerdo, pH, pérdida por cocción o fuerza de corte.

Sin embargo, otros autores como Panea y Ripoll (2023), reportan que los extractos de origen vegetal afectan algunas de las variables de color y el esfuerzo de corte. Hanczakowska, Świątkiewicz, y Grela (2015) encontraron una mayor estabilidad del color en la carne de cerdos alimentados con extracto de hierbas.

Ranucci y col. (2015) indican que la carne proveniente de dietas con AE de orégano obtuvo puntuaciones más altas en cuanto a color, sabor, terneza y aceptación en las pruebas de consumidores de *Longissimus thoracis* y el contenido de grasa intramuscular, coincidiendo con Cheng y col. (2017), por lo que reportan que el aceite esencial de orégano en la dieta mejoró los atributos sensoriales.

Otro indicador de la calidad de la carne poco estudiado del efecto de los aceites esenciales en dietas para cerdos de engorda, es el cambio en el perfil de aminoácidos de la carne, Long y col. (2016) describen un aumento en el contenido total de aminoácidos libres y el contenido de aminoácidos libres esenciales en el músculo *Longissimus thoracis*.

Lo mencionado anteriormente, indica que los AE de plantas como tomillo, orégano, té verde, pimiento rojo brasileño, salvia, ortiga, melisa y equinácea, pueden mejorar el valor nutricional de la carne de cerdo, mediante el incremento de los perfiles de aminoácidos, ácidos grasos, estabilidad oxidativa, color y sabor.

Aves

La carne de pollo como fuente de proteína animal se posiciona en el segundo lugar en cuanto a consumo a nivel mundial, superada por la carne de cerdo (COMECARNE, 2023). De acuerdo con datos de la FAO (2021) China encabeza la lista de los principales productores de pollo en el mundo reportando una población de 5,223,625,000 individuos, mientras que México ocupa el 8° lugar con una población de 604,682,000, equivalente a 3,668,552.28 toneladas de carne, de las cuales la mayor producción se concentra en los estados de Veracruz, Jalisco, Aguascalientes, Querétaro y Durango (SIAP, 2020).

La alta productividad de dicha especie se relaciona a su eficiencia en la conversión alimenticia gracias al consumo principalmente de granos (Peters y col. 2014) y al uso de antibióticos y diferentes fármacos para la prevención de enfermedades; sin embargo, el mal manejo de estos ha ocasionado principalmente resistencia ante los activos químicos, que podría ocasionar la pérdida de la producción animal hasta en un 10% en el 2050 (Magnusson y col., 2019). En este sentido es de vital importancia un buen manejo de las unidades de producción animal, sobre todo asociado a la alimentación, así como la bioseguridad y un esquema de vacunación adecuado.

Una posible alternativa al uso de ciertos fármacos son metabolitos secundarios de algunas plantas (Snow Setzer, Sharifi-Rad y Setzer, 2016), que principalmente son utilizados como aditivos en las dietas en forma de AE; estos representan una forma concentrada de metabolitos secundarios y dependiendo de la especie vegetal de la cual provengan pueden causar diversos efectos, tales como antibacterianos, antifúngicos, antioxidantes, moduladores de la respuesta inmune, moduladores metabólicos, entre otros (Zeng y col., 2015; Bartkiene y col., 2020).

El orégano (*Origanum vulgare* L.), es utilizado principalmente como saborizante en la gastronomía; el aceite esencial de hojas y flores contiene bioactivos tales como el carvacrol y el timol en una concentración de hasta 30.73% y 18.81% respectivamente (Han y col., 2017). Dichos compuestos pueden modificar la permeabilidad de la membrana celular de bacterias Gram positivas, actuando como bacteriostático y/o bactericida, además promueven la secreción de moco de los intestinos previniendo así el paso de agentes patógenos; ayudan a estabilizar la microbiota intestinal y finalmente mejoran la digestión y los procesos de absorción de nutrientes (Seidavi y col., 2021). En tanto que el romero (*Rosmarinus officinalis* L.) se caracteriza por presentar altas concentraciones de ácido rosmarínico, ácido cafeico, ácido clorogénico, entre otros, por lo cual, le confiere propiedades antimicrobianas contra bacterias patógenas, también puede mejorar la respuesta humoral a la enfermedad de Newcastle (Khazaei y col., 2017). Otra planta aprovechada para la obtención de AE es la menta (*Mentha piperita* L.) que destaca por la presencia de mentol, neomentol, cineol, así como acetato de metilo; estos compuestos pueden tener un efecto antimicrobiano, promueven la secreción de enzimas digestivas,

mejoran la disponibilidad y digestión de la proteína cruda y aminoácidos esenciales (Poursina y col., 2016).

Ruff y col. (2021) evaluaron el efecto de tres formulaciones utilizando AE de orégano, romero y betaína; en pollos sometidos a estrés calórico. La prueba se desarrolló con 500 pollitos de engorda machos Cobb, que fueron distribuidos en cuatro tratamientos, T1 (testigo), T2 (adición de 37 ppm de AE de orégano), T3 (45 ppm de AE de orégano + 45 ppm de aceite de romero + 300 ppm de AE de remolacha) y T4 (45 ppm de AE de orégano + 45 ppm de aceite de romero + 300 ppm de betaína natural). La concentración de SOD (superóxido dismutasa) aumentó significativamente en las aves que fueron suplementadas con AE, además, las variables de peso vivo, ganancia de peso, conversión alimenticia, así como, los componentes de la canal presentaron valores mayores en comparación al control. Mientras que al utilizar AE de dos variedades de orégano mexicano (*Poliomintha longiflora* Gray) y (*Lippia berlandieri* Schauer) en una concentración de 400 mg/L en el alimento de pollos Ross-308 no se observaron diferencias en la ganancia de peso, consumo de alimento, ni las características de la carne (Hernández y col., 2019).

Zhang y col. (2021) también evaluaron el efecto de la suplementación en la dieta de pollos Arbor Acres con AE de orégano natural y AE sintético a una concentración de 200 mg/kg de alimento en ambos casos. Las aves suplementadas con AE natural presentaron una mayor ganancia de peso y una menor conversión alimenticia. Además, el AE modificó la microbiota cecal aumentando las poblaciones de *Lactobacillus*, reduciendo las poblaciones de *Escherichia coli*, *Salmonella* y *Clostridium perfringens*; aunado a esto, las vellosidades del intestino delgado incrementaron su longitud. En tanto que Su y col. (2021) reportaron un efecto positivo sobre la digestibilidad de nutrientes, concentración de SOD en suero y morfología intestinal en pollos Arbor Acres al incluir una mezcla de 3.05 % de timol, 2.3 % de carvacrol y 0.26 % de cinamaldehído (200 mg/ kg).

Zhang y col. (2023) compararon el efecto de AE de clavo y orégano en una concentración de 500 ppm en la dieta de pollos Arbor Acres sobre coccidios, parámetros productivos y rendimiento de la canal. En donde las dietas con AE no tuvieron efecto sobre coccidios y no afectaron la ganancia de peso; sin embargo, es importante señalar que durante los primeros 14 días la dieta con AE con clavo promovió una mayor ganancia de peso; además, el peso de la canal no se vio afectado, pero sí aumentó el peso de la pechuga con las dietas con AE.

Obeidat, Nusairat y Obeidat-B. (2021) reportaron que al utilizar un concentrado comercial de aceites esenciales (menta, clavo, anís y tomillo) a una concentración de 125 g/ton de alimento en 384 polluelos (192 Indian River y 192 Hubbard) no se encontraron diferencias en las variables de consumo de alimento, ganancia de peso, conversión alimenticia ni componentes de la canal. Mientras que el AE del árbol de té (*Melaleuca alternifolia*) y el té de limón (*Cymbopogon citratus*), ambos a una concentración de 300 mg/kg de alimento, en

pollos Cobb 500, aumentó el consumo de alimento, mejoró la conversión alimenticia y se redujo la mortalidad, sin afectar las características de la canal (Ghanima y col., 2021).

La suplementación de una mezcla de AE de orégano, canela y clavo a una concentración de 300 y 400 mg/kg en la alimentación de pollos Ross mejoró la ganancia de peso y la conversión alimenticia, además, causó un aumento de enzimas digestivas, tales como lipasa y amilasa, entre otras, lo que incrementa la digestibilidad. De igual manera la microbiota intestinal también se modificó, propiciando el desarrollo de poblaciones benéficas y reduciendo las de microorganismos patógenos (Meligy y col., 2023). Al utilizar una mezcla de AE encapsulado a base de tomillo, ajedrea, menta y semilla de pimienta negra a una concentración de 50%, 25%, 12.5% y 12.5% respectivamente, a diferentes dosis (0.5 kg/ton, 1 kg/ton y 2 kg/ton) en la alimentación de pollos Ross 308 infectados con una cepa de *Salmonella enteritidis*, se obtuvo una mayor ganancia de peso y se mejoró la conversión alimenticia, reduciéndose la peroxidación lipídica, a la vez que hubo un aumento en la actividad antioxidante tanto en suero como en carne. También se encontró un aumento en el tamaño de las vellosidades del intestino y disminución de las poblaciones de la cepa utilizada en la infección (Moharreri y col., 2022).

Los resultados obtenidos en las diferentes evaluaciones utilizando diversos AE en la alimentación de pollos demuestran que estos fitoquímicos pueden mejorar el desempeño productivo o no afectar negativamente los parámetros productivos, convirtiéndose en una alternativa en la producción de carne de pollo frente a la prohibición del uso de antibióticos como promotores de crecimiento.

Uso de aceites esenciales como conservadores de la carne

La carne que se define como el tejido muscular de los animales que es usado para consumo humano, puede fácilmente pudrirse debido a la actividad de enzimas endógenas, temperatura ambiental, humedad, concentración de oxígeno en el ambiente, luz y presencia de microorganismos (Zhou, Xu y Liu, 2010), siendo la lipoperoxidación lipídica la principal causa de la pérdida de calidad de la carne y de productos cárnicos, por lo que es de suma importancia evitarla, para incrementar la vida de anaquel, conservar sus nutrientes y proteger la salud de los consumidores.

Diversos métodos de conservación se han empleado a través de la historia, como son el salado, refrigeración, radiación y bio-preservación química, principalmente. Cada uno actúa de manera diferente para evitar la descomposición de la carne. El salado reduce la disponibilidad de agua para el crecimiento de microorganismos tanto en la superficie como en la parte interna de la carne, la refrigeración en sus modalidades de enfriamiento y congelamiento, reducen la actividad de enzimas endógenas y microbianas, que favorecen su descomposición, además a temperaturas de congelamiento las reacciones redox se reducen al mínimo, disminuyendo a la vez el daño a la carne (Hansen y col., 2004). La irradiación causa cambios en el color de la carne al alterar la mioglobina (Brewer, 2004), y

en el caso de productos químicos como butilhidroxianisol (BHA), hidroxitoluenobutilato (BHT), nitrito de sodio y nitritos, algunos producen asma, urticaria, aumento de colesterol y cáncer (Crowe, Elliott y Green, 2019).

De las tecnologías mencionadas anteriormente, además de la refrigeración, una de las más empleadas es la utilización de conservadores químicos; sin embargo, los consumidores cada día están más conscientes de su salud y saben que algunos conservadores pueden ser tóxicos y nocivos para conservarla, por lo que se han buscado otras alternativas que tengan la capacidad de conservar la carne por más tiempo en buenas condiciones, sin tener efectos secundarios adversos. Una de ellas es el uso de aceites esenciales de plantas, que han demostrado baja hipoalergenicidad, mejorar el aroma y sabor del producto, así como beneficios para la salud (propiedades anticancerígenas, antioxidantes), Se han estudiado muchas plantas; sin embargo, las que han demostrado tener mejores características para conservar la carne, se encuentran el romero, canela, laurel, salvia, orégano, ajo y jengibre (Irkin, Abay y Aydin, 2011). No obstante, es muy importante conocer la concentración adecuada que debe aplicarse para mantener la carne en condiciones adecuadas. Por otra parte, los aceites esenciales tienen aromas fuertes que pueden afectar el aroma y sabor de la carne al estar en contacto directa con esta, pudiendo no ser aceptada por el consumidor; por lo cual, se han incorporado en materiales para su empaquetamiento. En un estudio realizado por Sirocchi y col. (2013), con *Rosmarinus officinalis* al 4% (p/p) del empaquetamiento activo, inhibió la producción de compuestos de putrefacción como la cadaverina y bacterias como *Enterobacteriaceae* y *Brocothrix thermospacta*, que la producen. Otra forma de aplicar los AE es colocarlos en bolsas pequeñas y que se liberen lentamente (Sánchez-González y col., 2011).

Los AE actúan sobre hongos, bacterias y levaduras que descomponen la carne, como *Pseudomonas*, *Enterobacteriaceae*, *Fusarium*, *Mucor*, *Candida* y *Turalopsis*. La composición, concentración y proporción de compuestos químicos que contienen determina su efecto y acción. Los AE actúan mediante diferentes mecanismos, uno de los más comunes es afectar a la membrana celular, causando necrosis en células procariotas y eucariotas, al afectar la permeabilidad de la membrana, causando cambios fisiológicos y morfológicos. En bacterias causa pérdida de ARN, proteínas e iones; también se afecta la producción de ATP, así como inhibición de la actividad de enzimas importantes para el metabolismo de la bacteria (Bakkali y col., 2008), gracias a compuestos como el cinamaldehído.

Por otra parte, la presencia de grasas saturadas en la carne, la vuelven susceptible a la peroxidación por la presencia del oxígeno en el aire, lo que puede favorecer la presencia de sabores desagradables. La presencia de compuestos fenólicos en el orégano y la salvia, por su capacidad antioxidante, ayudan a conservar la carne en buenas condiciones por un tiempo más prolongado, aumentando la vida de anaquel.

Langroodi, Nematollahi y Sayadi (2021), evaluaron las características microbiológicas, químicas y sensoriales de pechuga de pavo cubierta con quitosano, al que se agregó 1% de AE de *Origanum vulgare* y 1 o 2% de extracto de semilla de uva. Los resultados mostraron que la oxidación lipídica se redujo, así como la cuenta microbiana y las características sensoriales fueron aceptables con los tratamientos con AE de orégano y extracto de semilla de uva.

En un estudio utilizando una matriz de polímero reforzada con óxido de titanio (TiO₂) y AE de romero (2%), se evaluaron las características químicas y microbiológicas al usarlo para conservar carne de cordero por 20 días, encontrando que se redujo significativamente el crecimiento microbiano, lipólisis y oxidación lipídica en la carne con esta cubierta (Alizadeh-Sani, Mohammadia y McClements, 2020).

Los AE contienen compuestos funcionales inestables que dependen de condiciones ambientales como temperatura, pH, luz y nivel de hidratación, lo que puede alterar su capacidad antimicrobiana y antioxidante, la nanotecnología es una alternativa para mantener la eficiencia de los AE incorporados a la carne o productos cárnicos. Los nanosistemas tienen una gran superficie de contacto, compatibilidad con matrices alimentarias y su capacidad para controlar la liberación de AE, maximizando su efectividad antioxidante y antimicrobiana durante el almacenamiento (Ojeda-Piedra y col., 2022).

CONCLUSIONES

Los AE han mostrado ser una buena alternativa a otros promotores de crecimiento en los animales que, por sus efectos secundarios, en algunos países ya no se permite su uso, o que ya no son aceptados por los consumidores por el riesgo que representan para la salud. Sin embargo, es necesario conocer las dosis óptimas para cada especie en las diferentes etapas de producción, así como con que AE se puede lograr una mayor productividad en los animales. Es importante también, proporcionarlos de una manera más eficiente, utilizando nuevas tecnologías, como es el caso de la nanotecnología tanto en el caso del animal vivo, como para conservar en mejores condiciones y por mayor tiempo la carne.

ORCID

María Esther Ortega Cerrilla  <https://orcid.org/0000-0001-9971-5169>

Itzel Yazmin Vera Herrera  <https://orcid.org/0000-0001-7202-0578>

Adrián Muñoz Cuautle  <https://orcid.org/0000-0003-1533-580X>

Rigoberto Vázquez Díaz  <https://orcid.org/0000-0002-2985-0864>

Enrique Oropeza Mariano  <https://orcid.org/0000-0001-7100-7128>

Julio M. Ayala Rodríguez  <https://orcid.org/0000-0003-1012-574X>

REFERENCIAS

- ABRAMS M.K., MEYERS A.Y., IRANI A.T. (2010). Naturally confused: consumers' perceptions of all-natural and organic pork products. *Agriculture and Human Values*, 27(3), 365-374. <https://doi.org/10.1007/s10460-009-9234-5>
- ALIZADEH-SANI, M., MOHAMMADIAN, E., McCLEMENTS, D.J. (2020). Eco-friendly active packaging consisting of nanostructural biopolymermatrix reinforced with TiO₂ and essential oil: Application for preservation of refrigerated meat *Food Chemistry* 322; 30 August 2020, 126782.
- BAKKALI, F., AVERBECK, S., AVERBECK, D., IDAOMAR, M. (2008). Biological effects of essential oils. A review. *Food Chemistry and Toxicology* 46:446-475.
- BARTKIENE E., RUZAUSKAS M., BARTKEVICS V., PUGAJEVA I., ZAVISTANAVICIUTE P., STARKUTE V., ZOKAITYTE E., LELE V., DAUKSIENE A., GRASHORN M., HOELZLE L. E., MENDYBAYEVA A., RYSHYAANOVA R., GRUZAUSKAS R. (2020). Study of the antibiotic residues in poultry meat in some of the EU countries and selection of the best compositions of lactic acid bacteria and essential oils against *Salmonella enterica*. *Poultry science* 99(8): 4065-4076. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2020.05.002>
- BEENCHAAR C., CALSAMIGLIA S., CHAVES A.V., FRASER G.R., COLOMBATTO D., McALLISTER T.A., BEAUCHEMIN K.A. (2008). A review of plant-derived essential oils in ruminant nutrition and production. *Animal Feed. Science and Technology* 145:209–228. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.04.014>
- BREWER, S. (2004). Irradiation effects on meat color – a review. *Meat Science* 68(1):1-17. <https://doi.org/10.1016/meatsci.2004.02.007>
- CHENG, C., LIU, Z., ZHOU, Y., WEI, H., ZHANG, X., XIA, M., DENG, Z., ZOU, Y., JIANG, S., PENG, J. (2017). Effect of oregano essential oil supplementation to a reduced-protein, amino acid-supplemented diet on meat quality, fatty acid composition, and oxidative stability of *Longissimus thoracis* muscle in growing-finishing pigs. *Meat Science* 133:103-109. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2017.06.011>
- COMECARNE (CONSEJO MEXICANO DE LA CARNE). (2023). Compendio estadístico 2023. Disponible en: URL:<https://comecarne.org/compendio-estadistico-2023/> [fecha de acceso: 10/09/2023].
- CROWE, W., ELLIOTT, C.T., GREEN, D.D. (2019). A review of the in vivo evidence investigating the role of nitrite exposure from processed meat consumption in the development of colorectal cancer. *Nutrients* 2019,11(11)2673. <https://doi.org/10.3390/nu11112673>
- CUNHA L.C.M., MONTEIRO M.L.G., LORENZO J.M., MUNEKATA P.E.S., MUCHENJE V., DE CARVALHO F.A.L., CONTE-JUNIOR C. A. (2018). Natural antioxidants in processing and storage stability of sheep and goat meat products. *Food Research International* 111: 379–390. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2018.05.041>

- DILORENZO N. (2011). Manipulation of the Rumen Microbial Environment to Improve Performance of Beef Cattle. Proceedings of the 22nd anual Florida Ruminant Nutrition Symposium. Pp. 118-133.
- DORANTES I.G., ORZUNA O.J.F., LARA B.A., MENDOZA M.G.D., MIRANDA R.L.A., LEE R.H.A. (2022). Essential oils as a dietary additive for small ruminants: A Meta-Analysis on performance, rumen parameters, serum metabolites, and product quality. *Veterinary Sciences* 9(9): 475. <https://doi.org/10.3390/vetsci9090475>
- EBHOHIMEN-EHIZUELEN, I., OKOLIE, N. P., OKPEKU, M., UNWEATOR, M., ADELEKE, V. T., EDEMHANRIA, L. (2023). Evaluation of the Antioxidant Properties of Carvacrol as a Prospective Replacement for Crude Essential Oils and Synthetic Antioxidants in Food Storage. *Molecules* 28(3):1215. <https://doi.org/10.3390/molecules28031315>
- ESTRADA-ANGULO A., MENDOZA-CORTEZ D.A., RAMOS-MÉNDEZ J.L., ARTEAGA-WENCES Y.J., URÍAS-ESTRADA J.D., CASTRO-PÉREZ B.I., RÍOS-RINCÓN F.G., RODRÍGUEZ-GAXIOLA M.A., BARRERAS A., ZINN R.A., PLASCENCIA A. (2022). Comparing Blend of Essential Oils Plus 25-Hydroxy-Vit-D3 Versus Monensin Plus Virginiamycin Combination in Finishing Feedlot Cattle: Growth Performance, Dietary Energetics, and Carcass Traits. *Animals* 12, 1715. <https://doi.org/10.3390/ani12131715>
- FAO. (ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA ALIMENTACIÓN Y LA AGRICULTURA). FAOSTAT. (2021). Disponible en: URL: <https://www.fao.org/faostat/es/#data/QI> [fecha de acceso: 05/09/2023].
- GHANIMA-ABO M. M., SWELUM A.A., SHUKRY M., IBRAHIM S.S., ABD-EL-HACK M.E., KHAFAGA A.F., ALHIMAIDI A.R., AMMARI A.A., EL-TARABILY K.A., YOUNIS M.E.M. (2021). Impacts of tea tree or lemongrass essential oils supplementation on growth, immunity, carcass traits, and blood biochemical parameters of broilers reared under different stocking densities. *Poultry science* 100(11): 101443. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2021.101443>
- GARCIA G.I.A., ARRAS A.J.A., HUERTA J.M., RENTERÍA M.A.L., LOYA O.J.L., CARRILLO L.L.M., TIRADO G.J.M., ALARCON R.A.D. (2020). Natural oregano essential oil may replace antibiotics in lamb diets: Effects on meat quality. *Antibiotics* 9(5): 1–18. <https://doi.org/10.3390/antibiotics9050248>
- GOIS-DIAS, F., SBARDELLA, M., LIMA, C. B. DE, LEONARDI-MIGOTTO D., GOMES-CAIRO, P. L., POSPISSIL-GARBOSSA, C. A., CALIL-RACANICCI, A. M., BATISTA-COSTA, L. (2017). Dietary Brazilian red pepper essential oil on pork meat quality and lipid oxidation. *Ciência Rural*, 47(2):20160127. <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20160127>
- GÜMÜŞ R., EROL H.S., İMIK H., HALICI, M. (2017). The effects of the supplementation of lamb rations with oregano essential oil on the performance, some blood parameters and antioxidant metabolism in meat and liver tissues. *Kafkas Universitesi Veteriner Fakultesi Dergisi*, 23(3): 395–401. <https://doi.org/10.9775/kvfd.2016.16791>

- HANCZAKOWSKA, E., ŚWIATKIEWICZ, M., GRELA, E. R. (2015). Effect of dietary inclusion of a herbal extract mixture and different oils on pig performance and meat quality. *Meat Science* 108:61-66. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2015.05.020>
- HANSEN, E., JUNCHER, D., HENCKEL, P., KARLSON, A., BERTSELEN, G., SKIBSTED, I.H. (2004). Oxidative stability of chilled pork chops following long term freeze storage. *Meat Science* 68:479-484.
- HERNÁNDEZ-CORONADO A.C., SILVA-VÁZQUEZ R., RANGEL-NAVA Z.E., HERNÁNDEZ-MARTÍNEZ C.A., KAWAS-GARZA J.R., HUME M.E., MÉNDEZ-ZAMORA G. (2019). Mexican oregano essential oils given in drinking water on performance, carcass traits, and meat quality of broilers. *Poultry Science* 98(7): 3050-3058. <https://doi.org/10.3382/ps/pez094>
- IMIK H., URÇAR G.S., AYDEMİR A.M., GÜMÜŞ R., ÖZLÜ H. (2018). Effects of the supplementation of lamb rations with oregano essential oil on the antimicrobial and antioxidant metabolism in meat. *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences* 42(6): 581–589. <https://doi.org/10.3906/vet-1604-58>
- IRKIN, R., ABAY, S., AYDIN, F. (2011). Inhibitory effects of some plant essential oils against *Arcobacter butzleri* and potential for Rosemary oil as a natural food preservative. *Journal of Medicinal Food* 14(3):291-296.
- JACKSON-DAVIS A., WHITE S., KASSAMA L.S., COLEMAN S., SHAW A., MENDONCA A., COOPER B., THOMAS-POPO E., GORDON K., LONDON L. (2023). A Review of Regulatory Standards and Advances in Essential Oils as Antimicrobials in Foods. *Journal of Food Protection*. 86, 100025. <https://doi.org/10.1016/j.jfp.2022.100025>
- KHODAEI, N., NGUYEN, M. M., MDIMAGH, A., BAYEN, S., KARBOUNE, S. (2021). Compositional diversity and antioxidant properties of essential oils: Predictive models. *LWT-Food Science and Technology* 138:110684. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.110684>
- KIM H., JUNG E., LEE G.H, KIM B., CHO S., LEE S., KWON I., SEO J. (2019). Essential oil mixture on rumen fermentation and microbial community – an in vitro study. *Asian-Australasian Journal of Animal Science* 32:808–814. <https://doi.org/10.5713/ajas.18.0652>
- KLIMIUK, K., SEMBRATOWICZ, I., TUTAJ, K., CZECH, A. (2023). Effect of Thyme (*Thymus vulgaris* L.) Used in Diets with Extruded Flaxseed on the Antioxidant and Lipid Profile of the Blood and Tissues of Fattening Pigs. *Antioxidants* 12(5):1054. <https://doi.org/10.3390/antiox12051045>
- LANGROODI, A.M., NEMATOLLAHI, A., SA YADI, M. (2021). Chitosan coating incorporated with grape seed extract and *Origanum vulgare* essential oil: an active packaging for turkey meat preservation. *Journal of Food Measurement and Characterization* 15:2790-2804. <https://doi.org/10.1007/s11694-021-867-0>
- LONG, C., ZHOU, X., WANG, Q., XIE, C., LI, F., FAN, Z., ZHANG, B., RUAN, Z., CHEN, X., WU, X., YIN, Y. (2016). Dietary supplementation of *Lonicera macranthoides* leaf powder

- improves amino acid profiles in serum and longissimus thoracis muscle of growing-finishing pigs. *Animal Nutrition* 2(4), 271–275. <https://doi.org/10.1016/j.aninu.2016.08.006>
- LEI Z., ZHANG K., LI C., WU J., DAVIS D., CASPER D., JIANG H., JIAO T., WANG X., WANG J. (2018). Dietary supplementation with essential-oils-cobalt for improving growth performance, meat quality and skin cell capacity of goats. *Scientific Reports* 8(1): 1–12. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-29897-3>
- LUNN, J., THEOBALD, H. E. (2006). The health effects of dietary unsaturated fatty acids. *Nutrition Bulletin*, 31(3): 178-224. <https://doi.org/10.1111/j.1467-3010.2006.00571.x>
- McINTOSH F.M., WILLIAMS P., LOSA R., WALLACE R.J., BEEVER D.A., NEWBOLD C.J. (2003). Effects of essential oils on ruminal microorganisms and their protein metabolism. *Applied and Environmental Microbiology* 69(8):5011-5014. doi:10.1128/AEM.69.8.5011-5014.2003. PMID: 12902303; PMCID: PMC169102.
- McEACHRAN D.A., BLACKWELL R.B., HANSON J.D., WOOTEN J.K., MAYER D.G., COX B.S., SMITH P. (2015). Antibiotics, bacteria, and antibiotic resistance genes: aerial transport from cattle feed yards via particulate matter. *Environmental Health Perspectives* 123 (4):337-343. <https://doi.org/10.1289/ehp.1408555>
- MAGNUSSON U., STERNBERG S., EKLUND G., ROZSTALNY A. (2019). Prudent and efficient use of antimicrobials in pigs and poultry. *FAO Animal Production and Health Manual* 23. Rome. FAO.
- MELIGY-AHMED M.A., ABD-EL-HAMID M.I., YONIS A.E., ELHADDAD G.Y., ABDEL-RAHEEM S.M., EL-GHAREEB W.R., MOHAMED M.H.A., ISMAIL H., IBRAHIM D. (2023). Liposomal encapsulated oregano, cinnamon, and clove oils enhanced the performance, bacterial metabolites antioxidant potential, and intestinal microbiota of broiler chickens. *Poultry Science* 102(6): 102683. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2023.102683>
- MOHARRERI M., VAKILI R., OSKOUEIAN E., RAJABZADEH G. (2022). Effects of microencapsulated essential oils on growth performance and biomarkers of inflammation in broiler chickens challenged with salmonella enteritidis. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences* 21(5): 349-357. <https://doi.org/10.1016/j.jssas.2021.10.012>
- MUCHA W., WITKOWSKA D. (2021). The applicability of essential oils in different stages of production of animal-based foods. *Molecules* 26: 3798. <https://doi.org/10.3390/molecules26133798>
- MUÑOZ C.A., ORTEGA C.M.E., HERRERA H.J.G., NAVA C.C., GUTIÉRREZ O.C., RAMÍREZ R.J.E., ZETINA C.P. (2022). Effect of oregano (*Lippia graveolens*) essential oil as a phyto-genic feed additive on productive performance, ruminal fermentation, and antioxidant activity in lamb meat. *Agriculture* 12(7): 973. <https://doi.org/10.3390/agriculture12070973>

- NEHME R., ANDRÉS S., PEREIRA B.R., BEN-JEMAA M., BOUHALLAB S., CECILIANI F., LÓPEZ S., RAHALI-ZOHRA F., KSOURI R., PEREIRA M.D., ABDENNEBI-NAJAR L. (2021). Essential Oils in Livestock: From Health to Food Quality Antioxidants 10:330. <https://doi.org/10.3390/antiox10020330>
- NORKEAW, R., ARJIN, C., SARTSOOK, A., HNOKAEW, P., CHAIWANG, N., MEKCHAY, S., YANO, T., SRINGARM, K. (2023). Supplementation of thymol powder or green tea extract along with linseed in pig diet increases oxidative stability in blood and pork. *Italian Journal of Animal Science* 22(1):309-320. <https://doi.org/10.1080/1828051X.2023.2188885>
- OBEIDAT-MOHAMMAD D., NUSAIRAT B.M., OBEIDAT B.S. (2022). Growth performance and carcass traits of two commercial broiler strains fed diet supplemented with essential oils. *Heliyon* 8(12). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e12094>
- OJEDA-PIEDRA, S., ZAMBRANO-ZARAGOZA, M.L., GÓNZALEZ-REZA, R.M., GARCÍA-BETANZOS, C.I., REAL-SANDOVAL. S.A., QUINTANAR-GUERRERO, D. (2022). Nano-encapsulated essential oils as a preservation strategy for meat and meat products storage. *Molecules*, 2022, 27, 8187. <https://doi.org/10.3390/molecules27238187>
- ORNAGHI G.M, PASSETTI A.C.R, TORRECILHAS A.J, MOTTIN C., VITAL P.A.C., GUERRERO A., SAÑUDO C., DEL MAR-CAMPO M., PRADO N.I. (2017). Essential oils in the diet of young bulls: Effect on animal performance, digestibility, temperament, feeding behaviour and carcass characteristics. *Animal Feed Science Technology* 234, 274–283. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.10.008>
- OSÉS S.M., DIEZ A.M., MELERO B., LUNING P.A., JAIME I., ROVIRA J. (2013). Characterization by culture-dependent and culture-independent methods of the bacterial population of suckling-lamb packaged in different atmospheres. *Food Microbiology* 36(2): 216–222. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.fm.2013.05.005>
- PANEA, B., RIPOLL, G. (2023). Sex Does Not Affect the Colour, Shear Stress, and Lipid Oxidation of Pork Meat, but Feed-Added Plant-Derived Extracts, Storage Time and Packaging Type Do. *Foods*, 12(8):1720. <https://doi.org/10.3390/foods12081720>
- PETERS-CHRISTIAN J., PICARDY J.A., DARROUZET-NARDI A., GRIFFIN T.S. (2014). Feed conversions, ration compositions, and land use efficiencies of major livestock products in US agricultural systems. *Agricultural Systems* 130: 35-43. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2014.06.005>
- POURSINA B., ROUDI- SOLEIMANI P., SEDGHI M., TAIBIPOUR A. (2016). Effect of peppermint (*Mentha piperita* L.), thyme (*Thymus vulgaris* L.) and chicory (*Chicorium intybus* L.) on performance and intestine morphology of broilers. *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants* 31(6): 1035-1046. <https://doi.org/10.22092/ijmapr.2016.105892>
- RANUCCI D., BRANCIARI R., COBELLIS G., ACUTI G., MIRAGLIA D., OLIVIERRI O., ROILA R., TRABALZA M.M., (2019). Dietary essential oil mix improves oxidative stability and

- hygienic characteristic of lamb meat. *Small Ruminant Research* 175: 104-109
<https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2019.04.012>
- RANUCCI, D., BEGHELLI, D., TRABALZA-MARINUCCI, M., BRANCIARI, R., FORTE, C., OLIVIERI, O., BADILLO PAZMAY, G. V., CAVALLUCCI, C., & ACUTI, G. (2015). Dietary effects of a mix derived from oregano (*Origanum vulgare* L.) essential oil and sweet chestnut (*Castanea sativa* Mill.) wood extract on pig performance, oxidative status and pork quality traits. *Meat Science* 100:319-326.
<https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2014.09.149>
- RIVAROLI D.C., GUERRERO A., VELANDIA M., ZAWADZKI F., EIRAS C.E., CAMPO M.D.M., SAÑUDO C., MENDES JORGE A., NUNES DO PRADO I. (2016). Effect of essential oils on meat and fat qualities of crossbred young bulls finished in feedlots. *Meat Science* 121, 278–284. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2016.06.017>
- ROSHANAK-KHAZAEI, ESMAILZADEH L., SEIDAVI A., SIMÕES J. (2017). Comparison between rosemary and commercial antioxidant blend on performance, caecal coliform flora and immunity in broiler chickens fed with diets containing different levels of poultry fat. *Journal of Applied Animal Research* 45(1): 263-267.
<https://doi.org/10.1080/09712119.2016.1174125>
- RUFF J., TELLEZ G. JR., FORGA A.J., SEÑAS-CUESTA R., VUONG C.N., GREENE E.S., HERNANDEZ-VELASCO X., URIBE A.J., MARTÍNEZ B.C., ANGEL-ISAZA J.A., DRIDI S., MAYNARD C.J., OWENS C.M., HARGIS B.M., TELLEZ-ISAIAS G. (2022). Evaluation of Three Formulations of Essential Oils in Broiler Chickens under Cyclic Heat Stress. *Animals* 11(4): 1084. <https://doi.org/10.3390/ani1104108>
- SADIQ M.B., SYED-HUSSAIN S.S., RAMANOON S.Z., SAHAREE A.A., AHMAD N.I., MOHD-ZIN N., KHALID S.F., NASEEHA D.S., SYAHIRAH A.A., MANSOR R. (2018). Knowledge, attitude and perception regarding antimicrobial resistance and usage among ruminant farmers in Selangor, Malaysia. *Preventive Veterinary Medicine* 156:76–83.
<https://doi.org/10.1016/j.prevetmed.04.013>
- SÁNCHEZ-GÓNZALEZ, L., VARGAS, M., GONZÁLEZ-MARTÍNEZ, C., CHIRALT, A., CHÁFER, M. (2011). Use of essential oils in bioactive edible coatings: a review. *Food Engineering Reviews* 3:1-16.
- SEIDAVI A., TAVAKOLI M., ASROOSH F., SCANES C.G., EL-HACK M.E.A., NAIEL M.A.E., TAHA A.E., ALEYA L., EL-TARABILY K.A., SWELUM A.A. (2021). Antioxidant and antimicrobial activities of phytonutrients as antibiotic substitutes in poultry feed. *Environmental Science and Pollution Research* 29: 5006–5031.
<https://doi.org/10.1007/s11356-021-17401-w>
- SIAP (SERVICIO DE INFORMACIÓN AGROALIMENTARIA Y PESQUERA). (2020). Producción ganadera. Disponible en: URL: <https://www.gob.mx/siap/acciones-y-programas/produccion-pecuaria> [fecha de acceso: 03/09/2023].

- SINGER S.R, PORTER J.L., THOMSON U.D., GAGE M., BEAUDOIN A., WISHNIE K.J. (2019). Raising animals without antibiotics: u.s. producer and veterinarian experiences and opinions. *front veterinary science*. 2019Dec 6;6:452. doi: 10.3389/fvets.2019.00452
- SIMITZIS P.E. (2017). Enrichment of Animal Diets with Essential Oils-A Great Perspective on Improving Animal Performance and Quality Characteristics of the Derived Products. *Medicines (Basel)* 2:4(2):35. doi: 10.3390/medicines4020035
- SIMITZIS P.E., DELIGEORGIS S.G., BIZELIS J.A., DARDAMANI A., THEODOSIOU I., FEGEROS, K. (2008). Effect of dietary oregano oil supplementation on lamb meat characteristics. *Meat Science* 79(2): 217–223. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2007.09.005>
- SIRICCHI, V., CRAPIOLI, G., CECCHINI, C., COMA, M.M., CRESCI, A., MAGGI, F., PAPA, F., RICCIUTELLI, M., VITTORI, S., SAGRATINI, G. (2013). Biogenic amines as freshness index of meat wrapped in a new active packaging sytem formulated with essential oils of *Rosmarinus officinalis*. *International Journal of Food Sciences and Nutrition* 64(8):921-928.
- SMETI S., TIBAOU S., BERTOLÍN J.R., YAGOUBI Y., MEKKI I., JOY M., ATTI N. (2021). Effects of myrtle (*Myrtus communis* L.) essential oils as dietary antioxidant supplementation on carcass and meat quality of goat meat. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition* 105(3): 452–461. <https://doi.org/10.1111/jpn.13483>
- SNOW-SETZER M., SHARIFI-RAD J., SETZER-WILLIAN N. (2016). The search for herbal antibiotics: An in-silico investigation of antibacterial phytochemicals. *Antibiotics* 5(3): 30. <https://doi.org/10.3390/antibiotics5030030>
- SU G., WANG L., ZHOU X., WU X., CHEN D., YU B., HUANG Z., LUO Y., MAO X., ZHENG P., YU J., LUO J., HE J. (2021). Effects of essential oil on growth performance, digestibility, immunity, and intestinal health in broilers. *Poultry Science* 100(8): 101242. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2021.101242>
- TEIXEIRA, B., MARQUES, A., RAMOS, C., NENG, N. R., NOGUEIRA, J. M. F., SARAIVA, J. A., NUNES, M. L. (2013). Chemical composition and antibacterial and antioxidant properties of commercial essential oils. *Industrial Crops and Products*, 43(1):587-595. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2012.07.069>
- UKRAINETS A.I., PASICHNY V.M., ZHELUDENKO YV. (2016). Antioxidant plant extracts in the meat processing industry. *Biotechnologia Acta* 9(2): 19–27. <https://doi.org/10.15407/biotech9.02.019>
- VAKILI R.A., KHORRAMI B., MESGARAN D.M., PARAND E. (2013). The Effects of Thyme and Cinnamon Essential Oils on Performance, Rumen Fermentation and Blood Metabolites in Holstein Calves Consuming High Concentrate Diet. *Asian-Australas. Journal of Animal Science*. 26:935–944. <https://doi.org/10.5713/ajas.2012.12636>
- WANG M.L., HUANG S., CHALUPA-KREBZDAK S.C., VÁSQUEZ M.S.M., MANDELL B.I., BOHRER M.B. (2020). Effects of essential oils and(or) benzoic acid in beef finishing cattle diets on the fatty acid profile and shelf life stability of ribeye steaks and ground beef, *Meat*

- Science 168, 108195, ISSN 0309-1740,
<https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2020.108195>.
- WOOLHOUSE M., WARD M., VAN BUNNIK B., FARRAR J. (2015). Antimicrobial resistance in humans, livestock and the wider environment. *Philosophical Transactions of the Royal Society B Biological Sciences* 370, 20140083. <https://doi.org/10.1098/rstb.2014.0083>
- YANG Z., BENCHAAR C., AMETAJ N., CHAVES V., HE L., MCALLISTER A. (2007). Effects of garlic and juniper Berry essential oils on ruminal fermentation and on the site and extent of digestion in lactating cows. *Journal of Dairy Science* 90:567-81.
- ZENG Z., ZHANG S., WANG H., PIAO X. (2015). Essential oil and aromatic plants as feed additives in non-ruminant nutrition: A review. *Journal of Animal Science and Biotechnology*, 6(1):7. <https://doi.org/10.1186/s40104-015-0004-5>
- ZHANG L., WANG X., HUANG S., HUANG Y., SHI H., BAI X. (2023). Effects of dietary essential oil supplementation on growth performance, carcass yield, meat quality, and intestinal tight junctions of broilers with or without *Eimeria* challenge. *Poultry Science* 102(9): 102874. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2023.102874>
- ZHANG L.Y., PENG Q.Y., LIU Y.R., MA Q.G., ZHANG J.Y., GUO Y.P., XUE Z., ZHAO L.H. (2021). Effects of oregano essential oil as an antibiotic growth promoter alternative on growth performance, antioxidant status, and intestinal health of broilers. *Poultry Science* 100(7): 101163. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2021.101163>
- ZHOU, G.H., XU, X.L., LIU, Y. (2010). Preservation technologies for fresh meat – a review. *Meat Science* 86:119-128.