

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN**

**FACULTAD DE AGRONOMÍA**



**SUPLEMENTACIÓN DEL ACEITE DE ORÉGANO EN DIETA DE POLLO EN EL  
COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO, CALIDAD DE CANAL, CARNE Y  
SALCHICHA**

**TESIS**

**QUE PARA OBTENER EL GRADO DE  
MAESTRO EN CIENCIAS CON ORIENTACIÓN EN  
INGENIERÍA EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**

**PRESENTA:**

**PEDRO CHAPA GONZALEZ**

**GENERAL ESCOBEDO, N.L.**

**ABRIL 2024**

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN**

**FACULTAD DE AGRONOMÍA**



**SUPLEMENTACIÓN DEL ACEITE DE ORÉGANO EN DIETA DE POLLO EN EL  
COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO, CALIDAD DE CANAL, CARNE Y  
SALCHICHA**

**TESIS**

**QUE PARA OBTENER EL GRADO DE  
MAESTRO EN CIENCIAS CON ORIENTACIÓN EN  
INGENIERÍA EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**

**PRESENTA:**

**PEDRO CHAPA GONZÁLEZ**

GENERAL ESCOBEDO, N.L.

ABRIL 2024

ESTA TESIS FUE REVISADA Y APROBADA POR EL COMITÉ PARTICULAR  
COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO DE

MAESTRO EN CIENCIAS CON ORIENTACIÓN EN  
INGENIERÍA EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS

COMITÉ PARTICULAR



D.Ph. Gerardo Méndez Zamora  
Director de Tesis



Ph.D. Ana Luisa Rentería Monterrubio  
Co-Directora Externa



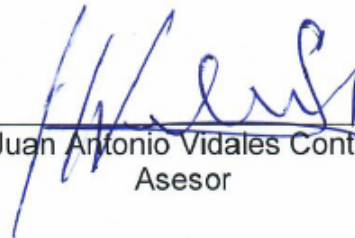
Ph.D. Alejandro Isabel Luna Maldonado  
Asesor



Dra. Sara Paola Hernández Martínez  
Asesora



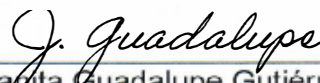
Dra. Daniela Saraí Rico Costilla  
Asesora



Dr. Juan Antonio Vidales Contreras  
Asesor



M.C. Carlos Alberto Hernández Martínez  
Asesor



Dra. Juana Guadalupe Gutiérrez Soto  
Subdirectora de Posgrado e Investigación

ESTA TESIS FUE APROBADA EN FORMATO, POR EL COMITÉ DE POSGRADO,  
ATENDIENDO A EL ARTÍCULO 123, DEL REGLAMENTO GENERAL DEL  
SISTEMA DE POSGRADO DE LA UANL.

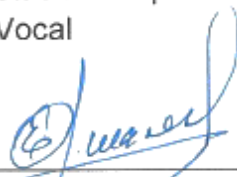
COMITÉ DE POSGRADO

  
\_\_\_\_\_  
Dra. Juanita Guadalupe Gutiérrez Soto  
Presidenta

  
\_\_\_\_\_  
Dr. Celestino García Gómez  
Secretario

  
\_\_\_\_\_  
Dra. Lidia Rosaura Salas Cruz  
Vocal

  
\_\_\_\_\_  
Ph.D. Rigoberto Eustacio Vázquez Alvarado  
Vocal

  
\_\_\_\_\_  
Ph.D. Emilio Olivares Sáenz  
Vocal

  
\_\_\_\_\_  
Dra. Sugey Ramona Sinagawa García  
Vocal

  
\_\_\_\_\_  
Dr. Guillermo Niño Medina  
Vocal

## DEDICATORIA

Este proyecto de investigación para la obtención de grado de Maestría en Ciencias con Orientación en Industrias Alimentarias es dedicado en primera instancia a mis padres: Pedro Chapa de los Santos y Magdalena Azucena González Garza. Por su constante apoyo en todas las etapas de mi vida, siempre buscando el mejor desarrollo en todos los rubros posibles. Agradezco a mis padres por sus constantes palabras de motivación y aliento en este proyecto, que fueron fundamentales para la realización de cada una de las etapas que el posgrado demandaba. Por nunca dejar de creer en mis capacidades para lograr mis metas.

De la misma manera agradezco a mis hermanos Cristina y David por siempre alentarme a lograr todos mis propósitos de vida. Durante esta etapa de estudios de posgrado siempre estuvieron motivándome para lograr los objetivos que se necesitaban cumplir. En general a toda mi familia, la cual siempre está pendiente de mi desarrollo como personal en todos los aspectos.

A mi asesor de tesis el D.Ph. Gerardo Méndez Zamora por confiar en mis capacidades para poder sacar el proyecto adelante y preocuparse por mi desarrollo en el plano académico y en el externo.

Por último, a Dios por brindarme salud y la oportunidad este crecimiento académico que impacto de forma positiva en muchos aspectos de mi vida.

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco en primera instancia a la Universidad Autónoma de Nuevo León, por ser nuestra máxima casa de estudios.

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento a la Facultad de Agronomía y a la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia por todo el apoyo brindado durante el transcurso de estos dos años, en los cuales conocí excelentes docentes y personal administrativo que transformaron las aulas, laboratorios y campos experimentales en mi segundo hogar.

Al D.Ph. Gerardo Méndez Zamora por liderar el proyecto de investigación sin importar el día de la semana o la hora, marcando la pauta para su correcta ejecución. A todo el grupo de asesores que aportaron sus conocimientos y experiencias para darle solides a este trabajó de investigación.

Quisiera agradecer a mis compañeros tesisistas los cuales me acompañaron durante esta etapa de mi formación académica, a los cuales les estoy muy agradecido por apoyar siempre para sacar el proyecto adelante.

## ÍNDICE DE CONTENIDO

|   |      |
|---|------|
| ÍNDICE DE CUADROS .....   | IV   |
| ÍNDICE DE FIGURAS .....   | VI   |
| RESUMEN .....   | VII  |
| ABSTRACT .....  | VIII |
| 1. INTRODUCCIÓN .....   | 1    |
| 2. HIPÓTESIS .....  | 3    |
| 3. OBJETIVOS .....  | 4    |
| 3.1. Objetivo General .....   | 4    |
| 3.1.1. Objetivos Específicos.....   | 4    |
| 4. REVISIÓN DE LITERATURA.....  | 5    |
| 4.1. Producción Mundial de Pollo.....   | 5    |
| 4.2. Producción Nacional de Pollo .....   | 5    |
| 4.3. Carne de Pollo .....   | 6    |
| 4.4. Salchicha de Pollo.....  | 7    |
| 4.5. Orégano y su Uso en Alimentos .....  | 9    |
| 4.5.1. Orégano y su Uso en Sistemas Pecuarios .....   | 9    |
| 4.6. Micropartículas en Alimentos .....   | 10   |
| 4.6.1. Micropartículas de Aceite de Orégano.....  | 10   |
| 5. MATERIALES Y MÉTODOS .....   | 11   |
| 5.1. Ubicación de Estudio .....   | 11   |
| 5.2. Orégano Microparticulado en Dieta de Pollo de Engorda en Producción,<br>Sacrificio y Calidad de Carne..... | 11   |
| 5.2.1. Diseño del Experimento.....  | 11   |
| 5.2.2. Obtención de Micropartículas y Caracterización.....  | 11   |
| 5.2.3. AO en la Dieta de Pollos.....  | 12   |
| 5.2.4. Variables del Comportamiento Productivo .....  | 14   |
| 5.2.5. Características de Sacrificio.....   | 16   |
| 5.2.6. Muestreo de Pechugas para el Análisis de Calidad de la Carne .....                                       | 16   |
| 5.2.7. Calidad Físicoquímica de la Carne de la Pechuga de Pollos.....   | 16   |
| 5.2.8. Composición Bromatológica de la Pechuga .....  | 17   |

|         |   |    |
|---------|---|----|
| 5.2.9.  | Variables de Análisis de Textura en Carne .....   | 17 |
| 5.2.10. | Evaluación Sensorial de la Carne .....  | 18 |
| 5.3.    | Salchichas de Pechuga de Pollos Alimentados con Dietas con Orégano Líquido y Microparticulado .....                     | 18 |
| 5.3.1.  | Muestreo de Pechugas de Pollo y Diseño Experimental .....   | 18 |
| 5.3.2.  | Elaboración de Salchicha y Muestreo.....  | 19 |
| 5.3.3.  | Variables Fisicoquímicas .....  | 20 |
| 5.3.4.  | Análisis de Textura .....   | 20 |
| 5.3.5.  | Evaluación Sensorial .....  | 21 |
| 5.4.    | Análisis Estadístico de los Datos .....   | 21 |
| 6.      | RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....   | 22 |
| 6.1.    | Análisis de Micropartículas .....   | 22 |
| 6.2.    | Comportamiento Productivo de Pollos Alimentados con Dietas con Orégano Líquido y Microparticulado .....                 | 23 |
| 6.2.1.  | Comportamiento Productivo en la Semana 1 y 2.....   | 23 |
| 6.2.2.  | Comportamiento Productivo de la Semana 3 y 4.....   | 24 |
| 6.2.3.  | Comportamiento de la Producción en la Semana 5 y 6 .....  | 25 |
| 6.2.4.  | Producción de Carne en Canal.....   | 27 |
| 6.2.5.  | pH y Retención de Agua de la Carne.....   | 27 |
| 6.2.6.  | Color en Carne.....   | 28 |
| 6.2.7.  | Composición Bromatológica de la Carne de Pechuga.....   | 30 |
| 6.2.8.  | Textura de la Carne .....   | 31 |
| 6.2.9.  | Análisis Sensorial de la Carne .....  | 33 |
| 6.3.    | Salchicha Obtenida de la Carne de Pechuga de Pollos Alimentados con Dietas con Orégano Líquido y Microparticulado ..... | 34 |
| 6.3.1.  | pH y Retención de Agua.....   | 34 |
| 6.3.2.  | Color .....   | 34 |
| 6.3.3.  | Composición Bromatológica .....   | 35 |
| 6.3.4.  | Análisis de Textura .....   | 36 |
| 6.3.5.  | Evaluación Sensorial .....  | 37 |
| 7.      | CONCLUSIONES .....  | 39 |



|                                    |    |
|------------------------------------|----|
| 8. RECOMENDACIONES .....           | 40 |
| 9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... | 41 |

## ÍNDICE DE CUADROS

| Cuadro   | Página |
|--|--------|
| <b>Cuadro 1.</b> Producción mundial de carne de pollo del 2022. ....   | 5      |
| <b>Cuadro 2.</b> Producción nacional en pie, sacrificio y canal de pollos de engorda en el 2022. ....  | 6      |
| <b>Cuadro 3.</b> Composición nutrimental de carne de diferentes especies. ....   | 7      |
| <b>Cuadro 4.</b> Producción nacional de salchichas del 2022 y 2023 en México. ....   | 8      |
| <b>Cuadro 5.</b> Formulación de las dietas para la engorda de los pollos. ....   | 12     |
| <b>Cuadro 6.</b> Composición nutrimental de dietas con orégano líquido y microparticulado para la engorda de pollos. ....  | 13     |
| <b>Cuadro 7.</b> Comportamiento productivo en pollos alimentados con dietas con aceite de orégano líquido y microparticulado en la semana 1 y 2. ....                  | 23     |
| <b>Cuadro 8.</b> Comportamiento productivo de pollos alimentados con dietas con aceite de orégano líquido y microparticulado en las semanas 3 y 4. ....                | 24     |
| <b>Cuadro 9.</b> Comportamiento productivo de pollos alimentados con dietas con aceite de orégano líquido y microparticulado en las semanas 5 y 6. ....                | 26     |
| <b>Cuadro 10.</b> Rendimientos de canal y carne de pechuga pollos alimentados con dietas con aceite de orégano líquido y microparticulado. ....                        | 27     |
| <b>Cuadro 11.</b> Propiedades fisicoquímicas de pechuga de pollos alimentados con dietas con aceite de orégano. ....   | 28     |
| <b>Cuadro 12.</b> Propiedades de color en carne de pechuga de pollos alimentados con dietas con aceite de orégano líquido y microparticulado. ....                     | 29     |
| <b>Cuadro 13.</b> Composición bromatológica (%) de la carne de pollos alimentados con dietas con aceite de orégano líquido y microencapsulado por 41 días. ....        | 30     |
| <b>Cuadro 14.</b> Fuerza de corte y análisis de textura de la carne de pechuga de pollos alimentados con dietas con aceite de orégano líquido y microparticulado. .... | 31     |
| <b>Cuadro 15.</b> Propiedades de textura de la carne de pechugas de pollos alimentados con dietas con aceite de orégano líquido y microparticulado. ....               | 32     |
| <b>Cuadro 16.</b> Análisis sensorial de la carne de pollos alimentados con dietas con aceite de orégano por 41 días. ....  | 33     |
| <b>Cuadro 17.</b> pH y retención de agua en salchichas elaboradas con carne de pechuga   |        |

de pollo alimentados con dietas con aceite de orégano líquido y microparticulado. . 34

**Cuadro 18.** Parámetros de color en salchichas elaboradas con carne de pechugas de pollos alimentados con dietas con aceite de orégano líquido y microencapsulado... 35

**Cuadro 19.** Composición bromatológica (%) de salchicha elaborada con carne de pollos alimentados con dietas con aceite de orégano líquido y en microparticuladas.  
..... 36

**Cuadro 20.** Perfil de textura de salchichas elaboradas con carne de pechuga de pollos alimentados con dietas con aceite de orégano líquido y microparticulado..... 37

**Cuadro 21.** Análisis sensorial de salchichas elaboradas con carne de pollos alimentados con dietas con aceite de orégano líquido y microparticulado por 41 días.  
..... 37

## ÍNDICE DE FIGURAS

| Figura   | Página |
|--|--------|
| <b>Figura 1.</b> Determinación de pesajes de los pollos durante su engorda. ....   | 15     |
| <b>Figura 2.</b> Diagrama de proceso de la elaboración de las salchichas.....  | 20     |
| <b>Figura 3.</b> Espectrometría infrarroja por transformada de Fourier de las micropartículas del aceite de orégano..... | 22     |

## RESUMEN

Actualmente, alternativas naturales se estudian para mejorar los sistemas pecuarios y alimenticios. La presente investigación evaluó el efecto del aceite de orégano (AO) líquido y microparticulado en las dietas de pollo de engorda en las características productivas, calidad de canal y carne, y su impacto en la formulación de salchichas. Ciento ochenta pollos Ross 308 fueron asignados al azar en los siguientes grupos, TC: dieta basal, TL: dieta basal suplementada con 100 ppm de aceite de orégano líquido y TM: dieta basal con 100 ppm de aceite de orégano microparticulado. Los pollos fueron asignados al azar en 9 corrales. El estudio productivo terminó al día 41 y las variables PP (peso pollo), CAL (consumo de alimento), CAg (consumo de agua), GDP (ganancia diaria de peso), conversión alimenticia (CAI) y eficiencia alimenticia (EA) fueron evaluadas semanalmente. El sacrificio de los pollos se realizó al día 42. Para las variables productivas no se encontró diferencia ( $P > 0.05$ ) entre los tratamientos. En el rendimiento de la pechuga de pollo se obtuvo diferencia ( $P < 0.05$ ); TL presentó el peso más alto. El pH de la carne no presentó diferencia ( $P > 0.05$ ), mientras que la capacidad de retención de agua (CRA) fue menor en TM y TL ( $P < 0.05$ ). En términos de color, la tendencia al rojo ( $a^*$ ) y la saturación fue diferente en TL ( $P < 0.05$ ). En el análisis sensorial de la carne, TM fue el mejor evaluado en jugosidad, con el contenido más elevado de humedad y cenizas ( $P < 0.05$ ), mientras que TC tuvo el menor porcentaje de cenizas. En carbohidratos incrementaron en TL y disminuyeron en TM. Los tratamientos de las salchichas fueron SC: salchicha control de carne de pechugas de los pollos TC, SL: salchicha de carne de pechugas de los pollos TL, SM: salchicha de carne de pechugas de los pollos TM. En salchichas no hubo diferencia ( $P > 0.05$ ) de pH y CRA. SC obtuvo una luminosidad ( $L^*$ ), tendencia al amarillo ( $b^*$ ) y tonalidad más elevados, mientras que SL y SM tuvieron una  $a^*$  mayor. Los resultados de los análisis de textura, bromatológicos y sensoriales de las salchichas no fueron diferentes ( $P > 0.05$ ). El AO puede ser una alternativa si se desea mejorar las características fisicoquímicas y sensoriales de la carne de aves suplementadas desde su producción inicial. También puede ser una alternativa para modificar el color de salchichas utilizando carne de pollos de engorda suplementadas con este aceite esencial.

## ABSTRACT

Nodaway, natural options are studied to improve animal and food systems. The current study was to evaluate the effect of oregano oil liquid and microparticulate in broiler diets on performance traits, carcass and meat quality, and its effect in the sausage formulation. One hundred eighty chicks Ross 308 were allocated in three treatments; CD: control diet, DL: diet supplemented with 100 ppm of liquid oregano and DM: diet with 100 ppm of microparticulated oregano. Chicks were randomly allocated in 9 pens. The productive study finished at 42 d and variables broiler weight (BW), feed intake (FI), water intake (WI), daily weight gain (DWG) and feed efficiency (FE) were evaluated weekly. The broiler slaughter was carried out at 42 d. Productive variables were not different ( $P > 0.05$ ) between treatments. Chick breast yield was the highest ( $P < 0.05$ ) on DL. The meat pH did not obtain difference ( $P > 0.05$ ), while water holding capacity (WHC) was the lowest ( $P < 0.05$ ) on DM and DL. Breast color, redness ( $a^*$ ) and saturation were different ( $P < 0.05$ ). sensory evaluation of meat, DM was the most accepted on juiciness; furthermore, DM had high ( $P < 0.05$ ) moisture and ashes. Carbohydrates increased ( $P < 0.05$ ) on DL and decreased ( $P < 0.05$ ) on DM. Sausage treatments were CS: control sausage of broiler breast meat of CD, SL: sausage of broiler breast meat of DL and SM: sausage of broiler breast meat of DM. pH and WHC did not obtain differences ( $P > 0.05$ ) between sausages. CS obtained the highest lightness ( $L^*$ ), yellowness ( $b^*$ ) and tonality, while SL and SM had the highest  $a^*$ . Texture analysis, bromatological and sensory traits of sausages did not different ( $P > 0.05$ ). oregano oil can be option to modify the physicochemical and sensory traits of broiler meat supplemented from initial production. Furthermore, oregano is an option to modify the sausage color using broiler meat supplemented with this essential oil.

## 1. INTRODUCCIÓN

La producción de carne de pollo (*Gallus gallus domesticus*) es una de las principales actividades del sector pecuario nacional. En México durante el 2022, la producción de pollo en canal fue de 3.78 millones de ton (SIAP, 2024). Los estados sobresalientes en producción fueron Veracruz (496.66 miles de ton), Jalisco (423.72 miles de ton) y Aguascalientes (414.54 miles de ton). Leyva *et al.* (2022) indicaron que seis de cada diez mexicanos consumen huevo, carne de pollo y pavo. La producción de alimentos de origen animal seguirá creciendo, con una demanda de un 70% más en comparación con 2010 en una proyección para el año 2050 (Friedrich *et al.*, 2014). Por lo tanto, existe un gran potencial para mejorar los sistemas pecuarios de producción y productos derivados de ave para satisfacer la demanda de proteínas de origen animal. Los productos industrializados de carne de ave han cobrado popularidad entre los consumidores sobresaliendo las salchichas. La mayoría de los consumidores prefieren las salchichas a base de pollo a las de res o cerdo debido a los valores nutricionales del primero, que incluye contenidos altos en proteínas, bajos en grasas y colesterol, así como bajos en calorías (Kang *et al.*, 2021).

El uso de antibióticos en las explotaciones pecuarias sigue siendo una práctica común de las tecnologías industriales (Amiranashvili *et al.*, 2017). Sin embargo, alternativas a los antibióticos se están investigando para mejorar tanto la productividad como la inocuidad de los sistemas pecuarios. Una de estas alternativas son los productos naturales, los cuales se caracterizan por ser antioxidantes y saborizantes, como lo es el orégano (Shiva *et al.*, 2012). Esta planta se caracteriza por tener de un olor y sabor agradable, lo cual es aportado por su aceite esencial, conocido como aceite esencial de orégano (AO). En general, los aceites esenciales son definidos como líquidos volátiles, limpios y rara vez coloreados, solubles en líquidos y solubles en compuestos orgánicos (Mihai y POPA, 2013). En la actualidad, el AO ha tenido mucha aceptación por sus propiedades como agente antimicrobiano y antioxidante, lo cual es otra opción para los sistemas pecuarios y alimenticios. El carvacrol y el timol son los principales compuestos activos del AO, ya que tienen un efecto sinérgico para potenciar las propiedades bioactivas (Leonel *et al.*, 2019).

EL AO se ha evaluado para mejorar las características de producción, rendimiento y

calidad de la carne. Este aceite se suplementa a los pollos a través de las dietas o agua que consumen. La incorporación en las dietas ha generado resultados favorables tanto en comportamiento productivo como en calidad de carne (Cázares-Gallegos *et al.*, 2019; Hernández-Coronado *et al.*, 2019; Sánchez-Zamora *et al.*, 2019). Otros métodos de inclusión en la dieta incluyen el microencapsulado o nanoencapsulado. El microencapsulado es una tendencia en la industria para mejorar la administración de compuestos funcionales. El proceso de obtención de microencapsulados resulta en pequeñas gotas de partículas que son recubiertas o incrustadas en algún medio, creando partículas de menor tamaño (De Barros Fernandes *et al.*, 2014). En consecuencia, es importante realizar investigaciones que involucren una trazabilidad del uso de aceites esenciales microencapsulados, como el AO, analizando su efecto desde la engorda de los pollos, su rendimiento y calidad de carne hasta la obtención de un producto cárnico.



## **2. HIPÓTESIS**

La incorporación del aceite de orégano líquido y microparticulado en dietas de pollo de engorda mejorará el rendimiento productivo, calidad de la canal y la carne y salchicha.

### **3. OBJETIVOS**

#### **3.1. Objetivo General**

Evaluar el efecto de la adición de aceite de orégano líquido y microparticulado en dietas de pollos en su productividad y obtención de salchicha.

##### **3.1.1. Objetivos Específicos**

Analizar el comportamiento productivo de la adición de aceite de orégano en dietas de pollos de engorda evaluando el consumo de alimento y agua, ganancia de peso y eficiencia alimentaria.

Determinar los parámetros de rendimiento de canal y pechuga de pollos alimentados con dietas con aceite de orégano.

Analizar los parámetros fisicoquímicos como el pH, retención de agua y color de la carne de pechuga de pollo alimentados con dietas con aceite de orégano.

Evaluar la composición bromatológica de la carne de pechuga de pollos.

Evaluar la textura y atributos sensoriales de la carne de pechuga de pollo.

Analizar los parámetros fisicoquímicos (pH, retención de agua y color) de salchichas obtenidas de las pechugas de pollos alimentados con dietas con aceite de orégano.

Determinar la composición nutrimental (bromatología) de las salchichas elaboradas con carne de pechuga de pollos alimentados con dietas con aceite de orégano.

Evaluar la textura y atributos sensoriales de salchichas procesadas con carne de pechuga de pollos.

## 4. REVISIÓN DE LITERATURA

### 4.1. Producción Mundial de Pollo

En el 2021 y 2022, la producción mundial de carne de pollo osciló entre 120 millones de ton, sobresaliendo con la mayor producción Estados Unidos, China y Brasil. México en el 2021 se ubicó en el sexto lugar y en 2022 incrementó su producción, pero bajó a la séptima posición, este incremento representó 2.90%, lo cual es significativo, indicando que el consumo de carne de pollo ha aumentado (Cuadro 1).

**Cuadro 1.** Producción mundial de carne de pollo del 2022.

| 2022  |                           |                                 |
|-------|---------------------------|---------------------------------|
| Lugar | País                      | Producción<br>(millones de ton) |
| 1     | Estados Unidos de América | 19.60                           |
| 2     | China                     | 14.52                           |
| 3     | Brasil                    | 14.30                           |
| 4     | Rusia                     | 5.31                            |
| 5     | Indonesia                 | 4.91                            |
| 6     | India                     | 4.04                            |
| 7     | México                    | 3.78                            |
|       | Otros                     | 56.99                           |
|       | Total                     | 123.45                          |

Fuente: FAOSTAT, 2024.

### 4.2. Producción Nacional de Pollo

La producción nacional de carne de pollo para el 2022 fue de 3.8 millones de ton (Cuadro 2). Los estados más productivos en este rubro fueron Veracruz, Jalisco, Aguascalientes y Querétaro, mientras que Nuevo León se ubicó en la décima sexta

posición a nivel nacional (SIAP, 2024).

**Cuadro 2.** Producción nacional en pie, sacrificio y canal de pollos de engorda en el 2022.

| Lugar | Estado         | Producción en pie (miles de ton) | Aves sacrificadas (millones de cabezas) | Producción canal (miles de ton) |
|-------|----------------|----------------------------------|---|---------------------------------|
| 1     | Veracruz       | 644.47                           | 18.32                                   | 496.66                          |
| 2     | Jalisco        | 557.73                           | 14.92                                   | 423.72                          |
| 3     | Aguascalientes | 544.16                           | 15.45                                   | 414.54                          |
| 4     | Querétaro      | 488.24                           | 14.77                                   | 377.92                          |
| 5     | Durango        | 360.89                           | 9.93                                    | 279.65                          |
| 6     | Chiapas        | 296.43                           | 8.62                                    | 229.74                          |
| 7     | Guanajuato     | 292.37                           | 8.95                                    | 227.58                          |
| 8     | Puebla         | 268.56                           | 7.31                                    | 208.36                          |
| 9     | Yucatán        | 226.52                           | 6.95                                    | 174.17                          |
| 16    | Nuevo León     | 91.53                            | 2.54                                    | 70.93                           |
|       | Otros          | 1138.12                          | 32.80                                   | 878.46                          |
|       | Total          | 4909.03                          | 140.57                                  | 3781.74                         |

Fuente: SIAP, 2024.

### 4.3. Carne de Pollo

En México existe la norma mexicana NMX-FF-128-SCFI-2016, la cual clasifica (Categoría Extra, I y II) la calidad del pollo en canal, las piezas que se pueden comercializar y establece parámetros de calidad. Esta norma establece la clasificación y características de atributos de morfología de la canal, vísceras, piel, hematomas, bilis, plumas fracturas y mutilaciones.

La carne para consumo humano es definida como la estructura compuesta por fibra muscular estriada, acompañada o no de tejido conjuntivo elástico, grasa, fibras

nerviosas, vasos linfáticos y sanguíneos, de las especies animales autorizadas para el consumo humano (NOM-009-Z00/SAGARPA, 1994). Cada 100 g de carne de pechuga de pollo aportan un total de 98 kcal, 21.50 g de proteína, 1.30 g de grasa y 58 mg de colesterol (Orkusz, 2021). El Cuadro 3 presenta la composición de otras piezas y especies relacionadas con la carne. La especie de pollo doméstico destinada para consumo es el *Gallus gallus domesticus*, esta subespecie ha sido seleccionada a través del tiempo para maximizar sus rendimientos. Los pollos de engorda son el resultado de programas de selección para un rápido crecimiento y conformación corporal, favoreciendo el músculo de la pechuga, el *Pectoralis major* representa gran parte de la masa muscular de las aves de consumo. Esta pieza es la más valiosa de la canal de pollo en el mercado (Scheuermann *et al.*, 2003).

**Cuadro 3.** Composición nutrimental de carne de diferentes especies.

| Carne por especie | Componente (kcal / 100g) |          |       |            |
|-------------------|--------------------------|----------|-------|------------|
|                   | Energía                  | Proteína | Grasa | Colesterol |
| Pechuga de pollo  | 98                       | 21.5     | 1.3   | 58         |
| Pierna de pollo   | 125                      | 17.8     | 6     | 84         |
| Pechuga de pavo   | 83                       | 19.2     | 0.7   | 49         |
| Pierna de pavo    | 100                      | 16.6     | 3.7   | 81         |
| Sirloin de res    | 112                      | 20.1     | 3.5   | 59         |
| Paleta de cerdo   | 132                      | 16.80    | 7.05  | 50.2       |
| Pierna de oveja   | 196.56                   | 15.12    | 15.12 | 65.52      |

Fuente: Orkusz, 2021

#### 4.4. Salchicha de Pollo

Los embutidos son productos cárnicos crudos no listos para el consumo humano, mientras que un producto cárnico cocido está listo para el consumo. Las salchichas son incluidas en esta última categoría, sin importar cual sea la base de origen animal que contengan. En México, la norma NOM-213-SSA1-2018 establece los lineamientos

de composición y proceso para salchichas cocidas listas para consumo. Esta norma define a las salchichas como aquellos productos sometidos a un tratamiento térmico para alcanzar una temperatura de 70°C en su centro térmico, o a una relación tiempo-temperatura equivalente que garantice la destrucción de patógenos y que no requieren un tratamiento térmico por parte del consumidor. Las salchichas se conceptualizan como cárnicos emulsificados obtenidas del picado o molido de carnes junto con otros ingredientes para formar una dispersión gruesa compuesta principalmente de agua, grasa y proteínas (Andrés *et al.*, 2006). El Cuadro 4 muestra la producción y valor (anual y mensual) de salchichas a nivel nacional para los años 2022 y 2023. De manera general, la producción anual fue de 400 mil ton con un valor de \$14,000 millones; lo cual resalta la importancia productiva y económica de este embutido.

**Cuadro 4.** Producción nacional de salchichas del 2022 y 2023 en México.

| 2022       |                  |                    | 2023       |                  |                    |
|------------|------------------|--------------------|------------|------------------|--------------------|
| Mes        | Producción (ton) | Valor (mill de \$) | Mes        | Producción (ton) | Valor (mill de \$) |
| Enero      | 32.60            | 1069.90            | Enero      | 33.55            | 1295.37            |
| Febrero    | 32.63            | 1104.63            | Febrero    | 32.50            | 1234.97            |
| Marzo      | 34.18            | 1189.43            | Marzo      | 35.10            | 1321.24            |
| Abril      | 33.66            | 1186.90            | Abril      | 30.61            | 1124.14            |
| Mayo       | 34.89            | 1240.52            | Mayo       | 33.83            | 1221.13            |
| Junio      | 34.81            | 1178.80            | Junio      | 34.31            | 1263.33            |
| Julio      | 32.69            | 1187.14            | Julio      | 34.12            | 1229.46            |
| Agosto     | 33.03            | 1184.39            | Agosto     | 35.11            | 1250.33            |
| Septiembre | 34.02            | 1283.91            | Septiembre | 34.61            | 1220.06            |
| Octubre    | 35.04            | 1313.03            | Octubre    | 32.85            | 1169.44            |
| Noviembre  | 34.55            | 1266.39            | Noviembre  | 33.82            | 1256.81            |

|           |        |          |           |        |          |
|-----------|--------|----------|-----------|--------|----------|
| Diciembre | 34.27  | 1221.03  | Diciembre | 33.86  | 1198.94  |
| Total     | 406.37 | 14426.07 | Total     | 404.28 | 14785.21 |

Fuente: INEGI, 2024.

#### 4.5. Orégano y su Uso en Alimentos

El orégano integra diversas especies de plantas, las más comunes son *Origanum vulgare* nativo de Europa y *Lippia graveolens* originario de México. El Orégano mexicano (*Lippia graveolens* o *Lippia berlandieri* Schauer) pertenece a la familia Verbenaceae, siendo distinto en la concentración de sus componentes respecto al europeo, lo que aporta un sabor más fuerte y robusto (Dunford y Silva, 2005). Entre las especies de *Origanum* se encuentran como componentes principales el limoneno, b-cariofileno,  $\lambda$ -cimeno, linalol,  $\alpha$ -pineno, carvacrol y timol (Arcila-Lozano *et al.*, 2004). En México la principal variedad de orégano explotada de orégano es el género *Lippia*, y los estados que encabezan su producción son Chihuahua, Durango, Tamaulipas, Coahuila y Jalisco (Villavicencio *et al.*, 2007). La planta de orégano tiene diversas aplicaciones y su aceite esencial ya está siendo estudiado en la industria de alimentos, licores, refresquera, farmacéutica y cosmetología. Debido a sus propiedades antimicrobianas *in vitro* (bacterias Gram+, Gram-, levaduras y mohos), el AO se ha estudiado como conservador y aditivo natural en la industria alimentaria (Gündüz *et al.*, 2010).

Por otro lado, el AO se ha investigado en productos cárnicos de aves como en el marinado de pechugas de pollos (Herrera-Balandrano *et al.*, 2020). Además, se ha aplicado en salchichas frescas mejorando la vida de anaquel con la reducción del crecimiento bacteriano (Busatta *et al.*, 2007).

##### 4.5.1. Orégano y su Uso en Sistemas Pecuarios

La suplementación de AO se ha realizado en cerdos, pollos, pavos y codornices por su actividad antimicrobiana y antioxidante y su efecto en los parámetros productivos y de calidad de la canal y la carne. La mayoría de los estudios se han enfocado en evaluar el efecto en la producción el sacrificio. Loeza-Concha *et al.* (2020) argumentaron que el AO tiene efectos antimicrobianos benéficos en el tracto intestinal

de los pollos de engorda. Los parámetros de sacrificio se han mejorado con la suplementación de 400 mg kg<sup>-1</sup> AO (Silva-Vázquez *et al.* 2016). En codornices (*Coturnix coturnix*), una dosis de 200 mg kg<sup>-1</sup> de AO (Barraza-Santos *et al.*, 2021), mejoró variables de calidad de carne. Florou-Paneri *et al.* (2005) sugieren que resultados se potencializan cuando las aves se encuentran en condiciones óptimas de higiene. El efecto antimicrobiano (*Staphylococcus aureus*, *Salmonella typhi* y *E. coli*) se ha evaluado se ha evaluado en carne cruda y cocida de pavo (María Hernández *et al.*, 2009). Simitzis *et al.* (2010) demostró que 0.25, 0.5 y 1 ppm de AO en la dieta de cerdos por 35 días retardaba la oxidación lipídica.

#### **4.6. Micropartículas en Alimentos**

En la actualidad se están buscando alternativas para eficientizar el uso de aditivos en la industria alimentaria y sistemas de producción animal, por ejemplo, la utilización de micropartículas para mejorar la disposición de estos aditivos. Las aplicaciones de encapsulados incluyen suplementos, cambios en la solubilidad, sabor, textura y color, y actuar como fuente de antioxidantes y antimicrobianos (Rutz *et al.*, 2016). Las micropartículas se generan mediante el encapsulamiento o recubrimiento de alguna matriz de menor tamaño a la sustancia de interés, a las también se les conoce como microcápsulas. Las microcápsulas son extremadamente pequeñas (1 a 1000 µm) y son de morfologías variable. Las microcápsulas alimentarias son pequeñas partículas que contienen un componente activo (núcleo) rodeado por un revestimiento o cubierta (Nahum y Domb, 2021). Por otra parte, Li *et al.* (2018) usaron aceites esenciales de cítricos en micro emulsiones, utilizando el quitosano como encapsulante. Así mismo, se han obtenido micropartículas con propiedades funcionales de matrices no orgánicas usando dióxido de silicio (SiO<sub>2</sub>) por su estructura porosa (Yan y Lei, 2011).

##### **4.6.1. Micropartículas de Aceite de Orégano**

El propósito del uso de la microencapsulación es la protección del componente funcional que se desea administrar. El AO puede modificarse por el entorno, y como aditivo si no se protege, es propenso a sufrir degradación por factores ambientales como la exposición a la temperatura, rayos de luz y oxidación (Toledo Hijo *et al.*, 2015).



## **5. MATERIALES Y MÉTODOS**

### **5.1. Ubicación de Estudio**

La investigación se realizó en ubicaciones diferentes dependiendo de la fase del experimento. La crianza, engorda y sacrificio de las aves se desarrolló en el Campus Marín, N.L., de la Facultad de Agronomía (FA) de la Universidad Autónoma de Nuevo León (UANL), México; el procesamiento de las canales se realizó en el Centro de Investigación en Industrias Alimentarias (CIDIA) de la FA, UANL, los análisis de calidad de la carne y salchichas se realizaron en el Laboratorio de Ingeniería FA, UANL; las pruebas sensoriales fueron hechas en el Laboratorio de Desarrollo de Nuevos Productos y Evaluación Sensorial, ambos de la FA, UANL. Finalmente, los análisis de bromatológicos se realizaron en el Laboratorio de Nutrición y Metabolismo Animal de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia (FMVZ), UANL.

### **5.2. Orégano Microparticulado en Dieta de Pollo de Engorda en Producción, Sacrificio y Calidad de Carne**

#### **5.2.1. Diseño del Experimento**

El experimento consistió en la engorda de 180 pollos *Ross 308* suplementados con AO en forma líquida o microparticulado durante 41 días. Los pollos fueron distribuidos aleatoriamente en 9 corrales (1.90 x 1.90 x 1.80 m) con 20 pollos cada uno (n = 180 pollos). Para evaluar el experimento, un diseño completamente al azar de tres tratamientos (dietas) se utilizó con tres réplicas (corrales) cada uno. Los tratamientos fueron TC: dieta basal sin la adición de aceite de orégano, TL: dieta basal suplementada con 100 ppm de aceite de orégano líquido y TM: dieta basal con 100 ppm de aceite de orégano microparticulado.

#### **5.2.2. Obtención de Micropartículas y Caracterización**

Las micropartículas se realizaron por medio del falso secado, que consistió en una mezcla física del AO y SiO<sub>2</sub>. Lo anterior fundamentado con la investigación de Zhang (2019), donde se reportan micropartículas de 60% de aceite esencial y 40% de SiO<sub>2</sub>. Esta técnica constó de la adicción del SiO<sub>2</sub> en el aceite de forma parcial en agitación

constante hasta obtener un polvo fino homogéneo. El reactivo SiO<sub>2</sub> tiene un tamaño de partícula de 7.5 µm (Evonik Industries).

La caracterización de las micropartículas del AO fue determinada con espectrofotometría infrarroja por transformada de Fourier (FTIR, Fourier Transform Infrared Spectroscopy) donde se obtuvieron espectros donde se aprecian que las partículas de dióxido de silicio están recubiertas con aceite de orégano. La muestra fue colocada en el espectrómetro (Sepectrum Two with Universal ATR FTIR L1600107; PerkinElmer Inc., Waltham, MA, USA) en el cual se realizaron escaneos para evaluar las microencapsulaciones.

### 5.2.3. AO en la Dieta de Pollos

Las dietas constaron de una mezcla comercial estandarizada para el desarrollo y engorda de los pollos (Cuadro 5). El AO se analizó mediante el equipo PerkinElmer® Clarus 600 y SQ8 cromatógrafo de gases para la caracterización de sus componentes bioactivos, carvacrol 76.16% y timol 10.07%. Las dietas se formularon para la fase iniciación (semana 1 y 2), desarrollo (semana 3 y 4) y finalización o engorda (semana 5 y 6), considerando las necesidades nutrimentales de las aves para cada etapa productiva como se muestra en el Cuadro 6.

**Cuadro 5.** Formulación de las dietas para la engorda de los pollos.

| Ingredientes (%) <sup>1</sup> | Dietas (fases) |            |              |
|-------------------------------|----------------|------------|--------------|
|                               | Iniciación     | Desarrollo | Finalización |
| Sorgo molido                  | 24.0           | 55.7       | 60.7         |
| Maíz molido                   | 30.0           | 0.0        | 0.0          |
| Harina de soya                | 39.0           | 35.0       | 30.0         |
| Secuestrante de micotoxinas   | 0.1            | 0.1        | 0.1          |
| Carbonato de calcio           | 1.4            | 1.2        | 1.2          |
| Aceite vegetal                | 3.0            | 5.5        | 5.5          |
| Premix 1                      | 2.5            | 0.0        | 0.0          |

|          |     |     |     |
|----------|-----|-----|-----|
| Premix 2 | 0.0 | 2.5 | 0.0 |
| Premix 3 | 0.0 | 0.0 | 2.5 |

<sup>1</sup> Premix: mezcla de vitaminas y minerales basadas en las necesidades de la engorda de pollos por fase (MNA de México, S.A. de C.V.).

Las dietas fueron preparadas en una mezcladora. Para TL los derivados del orégano se incorporaron a la dieta de los pollos usando aceite vegetal como acarreador y en TL se mezcló con los ingredientes menores de las dietas y después se adicionó en la mezcladora en movimiento que ya contenía el sorgo y maíz. La composición nutrimental de las dietas utilizadas en la crianza de los pollos es mostrada en el Cuadro 6.

**Cuadro 6.** Composición nutrimental de dietas con orégano líquido y microparticulado para la engorda de pollos.

| Componente (% MS) <sup>1</sup> | Tratamientos <sup>2</sup> |       |       |
|--------------------------------|---------------------------|-------|-------|
|                                | TC                        | TL    | TM    |
| <b>Iniciación</b>              |                           |       |       |
| Humedad                        | 10.41                     | 10.31 | 10.36 |
| Materia Seca                   | 89.59                     | 89.69 | 89.64 |
| Cenizas                        | 5.97                      | 6.38  | 5.86  |
| Proteína cruda                 | 23.71                     | 22.11 | 21.30 |
| Grasa cruda                    | 5.48                      | 5.87  | 5.37  |
| Fibra cruda                    | 1.63                      | 1.62  | 1.89  |
| ELN                            | 63.21                     | 64.01 | 65.59 |
| <b>Desarrollo</b>              |                           |       |       |
| Humedad                        | 10.58                     | 10.81 | 10.82 |
| Materia Seca                   | 89.42                     | 89.19 | 89.18 |
| Cenizas                        | 5.22                      | 5.50  | 5.44  |

|                     |       |       |       |
|---------------------|-------|-------|-------|
| Proteína cruda      | 22.30 | 20.36 | 20.34 |
| Grasa cruda         | 7.37  | 7.49  | 6.66  |
| Fibra cruda         | 1.04  | 1.25  | 1.85  |
| ELN                 | 64.08 | 65.39 | 65.71 |
| <b>Finalización</b> |       |       |       |
| Humedad             | 10.10 | 9.91  | 10.01 |
| Materia Seca        | 89.90 | 90.09 | 89.99 |
| Cenizas             | 4.82  | 5.52  | 5.21  |
| Proteína cruda      | 17.72 | 17.87 | 17.64 |
| Grasa cruda         | 6.73  | 7.22  | 7.34  |
| Fibra cruda         | 1.25  | 0.94  | 0.88  |
| ELN                 | 69.49 | 68.45 | 68.93 |

<sup>1</sup> Iniciación: 1 a 14 días; Desarrollo: 15 a 28 días; Finalización: 29 a 41 días.

<sup>2</sup> TC: dieta basal sin adición de aceite de orégano, TL: dieta basal suplementada con 100 ppm de aceite de orégano líquido, TM: dieta basal con 100 ppm de aceite de orégano microparticulado. ELN: Extracto libre de nitrógeno.

#### **5.2.4. Variables del Comportamiento Productivo**

El periodo de engorda de los pollos fue de 41 días, y el peso inicial de los pollos se realizó por corral para usarlo como covariable en el análisis de datos. Los animales fueron pesados semanalmente como se muestra en la Figura 1; es importante resaltar que el pesaje se realizó grupalmente en cajones de plástico para evitar stress por manejo.



**Figura 1.** Determinación de pesajes de los pollos durante su engorda.

Para evaluar el consumo de alimento (CAL) y de agua (CAg), la cantidad de alimento y agua ofrecida se registró diariamente, mientras que el peso de los rechazos (alimento y agua) se realizó al final de cada semana durante el pesaje de los pollos. Las variables productivas; peso del pollo (PP), CAL y CAg se estimaron con las siguientes fórmulas:

$$PP = \frac{\text{Peso de pollos}}{\text{número de pollos}}$$

$$CAL = \frac{\text{Alimento ofrecido}-\text{Alimento rechazado}}{\text{número de pollos}}$$

$$CAg = \frac{\text{Agua ofrecida}-\text{Agua rechazada}}{\text{número de pollos}}$$

Posteriormente, estas variables se usaron para estimar la ganancia diaria de peso (GDP), conversión alimenticia (CAI) y eficiencia alimenticia (EA) usando las siguientes fórmulas:

$$GDP = \frac{\text{Peso final de pollos por corral} - \text{peso inicial de pollos por corral}}{\text{número de días}}$$

$$CAI = \frac{\text{Consumo de alimento}}{\text{Peso de pollos}}$$

$$EA = \frac{\text{Peso de pollos}}{\text{Consumo de alimento}}$$

### **5.2.5. Características de Sacrificio**

A los 42 días, 60 pollos (60 por tratamiento) fueron sacrificados de acuerdo con la NOM-033-ZOO/SAGARPA (2014) con un ayuno de 12 h y fueron pesados antes de la matanza (PS); enseguida fueron insensibilizados y desangrados mediante un corte en la carótida y la yugular, 90 s después fueron escaldados a 68 °C durante 2 min. Posteriormente, se procedió al desplumado, lavado, corte de patas, cuello-cabeza y un lavado final (obtención de la canal). El peso de las canales recién obtenidas se registró como peso de la canal caliente (CC). Enseguida, las canales se sumergieron en un baño de agua fría a 4 °C por 15 min, después fueron escurridas, empacadas y acondicionadas a 4 °C por 24 h. El peso de las canales al final de este periodo se registró como peso de la canal fría (CF). Las pechugas se separaron de la canal y se pesaron para registrarlo como peso pechuga (Pp).

### **5.2.6. Muestreo de Pechugas para el Análisis de Calidad de la Carne**

El número de pechugas seleccionadas aleatoriamente por corral por tratamiento fue de la siguiente manera: evaluaciones fisicoquímicas (pH, color y capacidad de retención de agua: CRA) 4 pechugas por corral (3 corrales; n = 12), análisis bromatológico 3 pechugas por corral (3 corrales; n = 9), textura 3 pechugas por corral (3 corrales; n = 9) y sensorial 3 pechugas por corral (3 corrales; n = 9). Las variables fueron medidas por cada lado de la pechuga: fisicoquímicas n = 24, bromatología n = 18 y textura n = 18; éstos fueron valores de datos obtenidos por variable por tratamiento. En el caso de sensorial, la carne de las pechugas muestreadas fue combinada para realizar la prueba. El resto de las pechugas por tratamiento se destinaron para elaborar las salchichas. Las pechugas de pollo fueron deshuesadas para realizar los análisis de calidad de la carne y obtención de la salchicha.

### **5.2.7. Calidad Fisicoquímica de la Carne de la Pechuga de Pollos**

El pH, el color y la CRA fueron medidos en la pechuga 24 h *post mortem*. El pH de la

carne fue determinado con un electrodo de punción (HI 99,163, Hanna Instruments WoonSocket, RI). Las variables de color (luminosidad ( $L^*$ ), tendencia al color rojo ( $a^*$ ), tendencia al color amarillo ( $b^*$ ), Chroma (índice de saturación) y ángulo Hue (tonalidad) se midió con un colorímetro (CR-400 Konica Minolta, Tokyo, Japan; Illuminant/Observer: D65/10) en la superficie de pechuga sin piel. El equipo fue calibrado con una placa blanca como estándar. La capacidad de retención de agua (CRA) fue determinada por medio del método de compresión de acuerdo con Méndez-Zamora *et al.* (2015b); brevemente,  $300 \pm 0.1$  mg de la carne de pechuga fueron comprimidas por 20 min entre dos piezas de acrílico, bajo un peso constante de 4 kg, usando dos papeles filtro como material absorbente y se calculó con la siguiente fórmula:  $CRA = 100 - [(Peso\ inicial\ (P_i) - Peso\ final\ (P_f))/P_i] \times 100$ ].

#### **5.2.8. Composición Bromatológica de la Pechuga**

Las muestras (n=18 por tratamiento) de pechuga cruda fueron cortadas en cubos y colocadas en charolas metálicas previamente identificadas, posteriormente se presecaron durante 48 h a  $65\ ^\circ C$  en una estufa de aire forzado. Después, las muestras fueron pulverizadas para los análisis. La humedad y la materia seca fueron determinados por el método de secado en estufa a  $100-110^\circ C$  por 4 h; para la determinación de proteína cruda se utilizó el método Kjeldahl, para grasa cruda el método Goldfish y las cenizas por el método en mufla. Estos análisis se realizaron de acuerdo con la AOAC (2016).

#### **5.2.9. Variables de Análisis de Textura en Carne**

Las pechugas deshuesadas fueron empacadas al vacío y cocidas por inmersión en agua a  $75.0 \pm 0.1^\circ C$  por 1.5 h. Después, las muestras fueron enfriadas a  $4\ ^\circ C$  durante 30 min y almacenadas por 12 h para realizar los análisis de textura. La fuerza de corte (FZC) y el análisis de textura (AT) fueron realizados en un texturómetro (TA.XT.Plus texturometer; Stable Micro Systems, Serrey, England). La FC fue hecha con una navaja de corte Warner-Bratzler con un corte triangular invertido. Las muestras fueron cortadas de forma rectangular (3.0 cm de largo x 1.0 cm de ancho x 1.0 cm de alto) paralelas a las fibras musculares. Las velocidades de prueba fueron 2 mm/s pre-

prueba, 2 mm/s en prueba, 10 mm/s post prueba y una distancia de 15 mm. El valor (N; newton) de la FC se registró en el punto más alto de la curva. El AT fue hecho con probetas cilíndricas de 1.5 cm alto y 1.8 cm de diámetro obtenidas con un sacabocados. La muestra fue sometida a dos ciclos de compresión con un pistón (5 s entre ciclos; 75 mm de diámetro), comprimiendo la muestra 50% de la altura original. Las variables registradas fueron dureza (DRZ; N), adhesividad (AD;  $\text{g s}^{-1}$ ), elasticidad (EI; mm), cohesividad (COH; adimensional), gomosidad (GM; g), masticabilidad (MA;  $\text{g mm}^{-1}$ ) y resiliencia (RS; adimensional).

#### **5.2.10. Evaluación Sensorial de la Carne**

Una prueba sensorial afectiva se realizó con 30 evaluadores semientrenados consumidores habituales de carne, las muestras se calificaron en una escala hedónica de 5 puntos, donde 5 es me gusta mucho y 1 me disgusta mucho. Las pechugas de pollo fueron empacadas al vacío, cocidas en agua a  $75.0 \pm 0.1^\circ\text{C}$  por 1.5 h, enfriadas en agua a  $4^\circ\text{C}$ , drenadas y almacenadas durante 24 h hasta su posterior análisis. Las muestras se cortaron en cubos homogéneos de 1.5 cm por lado, y servidas en recipientes identificados con tres dígitos al azar. Cada recipiente fue servido con tres cubos de carne a  $30^\circ\text{C}$ , acompañado de un vaso con agua, servilleta y una hoja de evaluación sensorial. La prueba sensorial fue realizada en cabinas individuales con luz, tarja y compuerta para el acceso a las muestras. Los atributos evaluados fueron apariencia (AP), olor (OL), sabor (SB), suavidad (SV), jugosidad (JG) y aceptación global (AG).

### **5.3. Salchichas de Pechuga de Pollos Alimentados con Dietas con Orégano Líquido y Microparticulado**

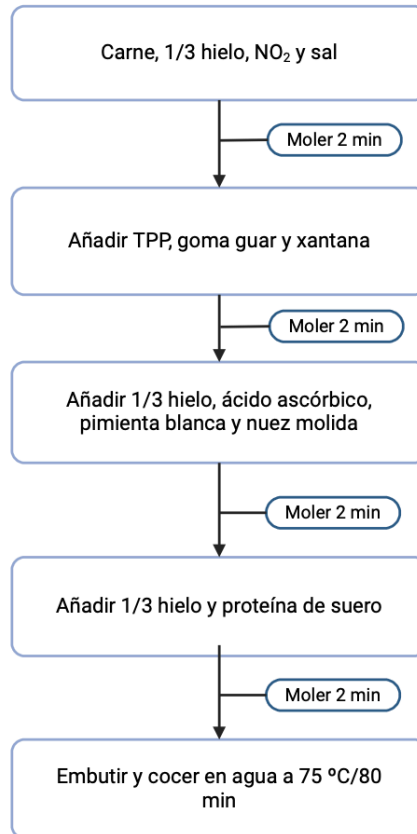
#### **5.3.1. Muestreo de Pechugas de Pollo y Diseño Experimental**

Tres pechugas por corral por tratamiento se seleccionaron aleatoriamente ( $n = 9$  pechugas) para elaborar las salchichas (S), y tener 3 réplicas experimentales (salchichas) por tratamiento. Los tratamientos de las salchichas se identificaron como SC: salchicha control de carne de pechugas de los pollos TC, SL: salchicha de carne de pechugas de los pollos TL, y SM: salchicha de carne de pechugas de los pollos TM.



### **5.3.2. Elaboración de Salchicha y Muestreo**

La formulación de las salchichas se calculó para 1.3 kg de acuerdo con Andrés *et al.* (2006) de la siguiente manera: pechuga de pollo (847.78 g), hielo (391.76 g), sal (24.24 g), proteína de suero (23.35 g), goma guar (1.27 g), goma xantana (2.96 g), tripolifosfato de sodio (TPP; 2.60 g), pimienta blanca (2.60 g), nuez molida (0.65 g), Nitrito de sodio ( $\text{NaNO}_2$ ); 0.195 g) y ácido ascórbico (0.58 g). La formulación fue igual para todos los tratamientos, solo varió el origen de la carne de las pechugas de pollo. El proceso de obtención de la salchicha (Figura 2) inició con el molido (procesador de alimentos Fp25, Hamilton Beach brands Inc., China) de las pechugas adicionando 1/3 de hielo,  $\text{NO}_2$  y sal durante 2 min, enseguida el TPP y gomas se adicionaron manteniendo el molido otros 2 min. Después otro 1/3 de hielo se incorporó para agregar el ácido ascórbico, pimienta blanca y nuez molida continuando con el molido otros 2 min. El proceso finalizó agregando el 1/3 de hielo restante y proteína de suero para continuar con el molido 2 min. La pasta cárnica fue embutida en tubos Eppendorf, los cuales fueron cocidos en agua a 75 °C por 80 min. Las salchichas fueron extraídas de los tubos para ser almacenadas a 4 °C para sus posteriores análisis.



**Figura 2.** Diagrama de proceso de la elaboración de las salchichas.

De las salchichas obtenidas, 4 se seleccionaron aleatoriamente 4 por réplica experimental (3) por tratamiento (n = 12 por tratamiento) para los análisis fisicoquímicos (pH, color y retención de agua) y textura y 2 para el análisis bromatológico por réplica (n = 6 por tratamiento). Para la evaluación sensorial se utilizaron 3 por réplica (n = 9).

### 5.3.3. Variables Fisicoquímicas

El pH y la CRA de las salchichas se determinó como se detalló en la sección 5.2.7. Calidad fisicoquímica de la Carne de la Pechuga de Pollos.

### 5.3.4. Análisis de Textura

La textura de las salchichas se realizó con el texturómetro (TA.XT.Plus texturometer (Stable Micro Systems, Serrey, England) como se mencionó en la sección 5.2.9.

VARIABLES DE ANÁLISIS DE TEXTURA EN CARNE. Sin embargo, las muestras tuvieron 2.5 cm de diámetro y 2 cm de altura. Mientras que las velocidades de prueba fueron 2 mm/s preprueba, en prueba y posprueba.

### **5.3.5. Evaluación Sensorial**

La evaluación sensorial de las salchichas se realizó con una prueba afectiva por atributos con 25 evaluadores semientrenados, como se mencionó en la sección 5.2.10. Evaluación sensorial de la carne de la siguiente manera: las salchichas fueron cortadas en rebanadas de 2.5 cm de diámetro y 4 mm de grosor, las cuales fueron codificadas aleatoriamente según el tratamiento y presentadas a los evaluadores en recipientes plásticos, codificados con tres dígitos, a temperatura de 4 °C. Los atributos evaluados fueron color (CL), olor (OL), sabor (SB), suavidad (SV) y AG.

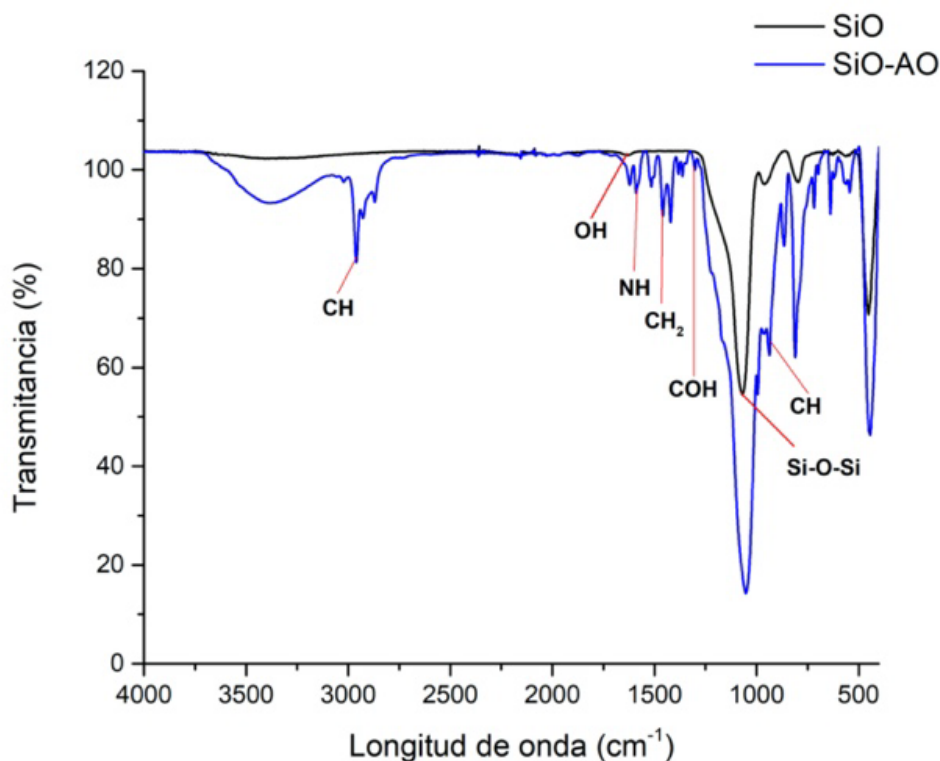
## **5.4. Análisis Estadístico de los Datos**

Las variables productivas se evaluaron mediante el análisis de varianza obtenido con el modelo lineal general (MLG), considerando el siguiente modelo estadístico  $y_{ij} = \mu + T_i + \lambda + \varepsilon_{ij}$ ; donde:  $y_{ij}$  = variables respuesta;  $\mu$  = media general;  $T_i$  = efecto del  $i$ -ésimo tratamiento;  $\lambda$  = efecto de la covariable peso inicial;  $\varepsilon_{ijk}$  = error aleatorio distribuido en forma normal con media y varianza [ $\varepsilon_{ijk}; N(\mu, \sigma^2)$ ]. Este análisis se realizó semanalmente. Las variables de canal, calidad de carne y salchicha se analizaron con el MLG pero en el modelo estadístico no se consideró el efecto covariable, y el efecto del  $i$ -ésimo bloque ( $\beta_j$ ) se consideró para el análisis de las variables de salchichas. Los análisis sensoriales de la carne y salchicha se realizaron con la prueba no paramétrica Friedman, considerando el evaluador como efecto bloque. Cuando  $H_0$  se rechazó ( $P \leq 0.05$ ) en todos los casos, la comparación de medias se realizó con la prueba Tukey ( $P \leq 0.05$ ). En los casos donde se obtuvo tendencia significativa ( $P \leq 0.10$ ), la comparación de medias se hizo con la prueba Fisher. El programa estadístico Minitab® (17.1.0, 2013; Minitab Inc) se utilizó para el análisis de todos los valores de datos de las variables.

## 6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 6.1. Análisis de Micropartículas

En la Figura 3 se observa la banda de absorción que corresponde al SiO (línea negra) y con orégano (SiO-AO; línea azul). El enlace Si-O-Si se muestra en una banda de absorción a  $900\text{ cm}^{-1}$  longitud de onda. Por otro lado, en el análisis de orégano microparticulado se observan varias bandas que representan a los grupos CH, OH, NH y COH, derivados de los compuestos presentes en el AO, siendo validada la micropartícula con el aceite de orégano. Los valores de transmitancia de SiO-AO osciló entre 70 y 90 %, siendo comparables a lo reportado por Toledo Hijo *et al.* (2015), quienes reportaron una eficiencia de encapsulación de 82.6 % de micropartículas de AO (*Origanum vulgare* L.).



**Figura 3.** Espectrometría infrarroja por transformada de Fourier de las micropartículas del aceite de orégano.

## 6.2. Comportamiento Productivo de Pollos Alimentados con Dietas con Orégano Líquido y Microparticulado

### 6.2.1. Comportamiento Productivo en la Semana 1 y 2

El Cuadro 7 muestra el comportamiento productivo de los pollos alimentados con dietas con aceite de orégano (AO) en las primeras dos semanas. En la primera semana no se encontró diferencia entre tratamientos ( $P > 0.05$ ), pero en la semana 2 el PP fue estadísticamente significativo ( $P < 0.10$ ), los pollos del TL fueron más pesados y los del TM los más ligeros. Los resultados de la semana 1 fueron similares a los de Cázares-Gallegos *et al.* (2019) y Gumus *et al.* (2023) utilizando 200 ppm de AO, aceite de romero a 150 ppm y comino a 150 ppm. Por su parte, Hernández-Coronado *et al.* (2019) no encontraron diferencia con 400 ppm de AO emulsificado en agua. Los tratamientos con AO pudieran no tener efecto durante esta etapa de crecimiento debido a que los pollos se estaban adaptando a las dietas. En la segunda semana, TL presentó valores elevados para PP y CAg con una buena eficiencia productiva. Hernández-Coronado *et al.* (2019) reportaron un menor CAg para el día 14 (740.76 a 825.53 g), esas diferencias pudieron deberse a la época de producción y manera de suplementar el orégano.

**Cuadro 7.** Comportamiento productivo en pollos alimentados con dietas con aceite de orégano líquido y microparticulado en la semana 1 y 2.

| Semanas (d)/<br>Tratamientos <sup>1</sup> | Producción (kg) <sup>2</sup> |       |       | Eficiencia <sup>3</sup> |       |       |
|---|------------------------------|-------|-------|-------------------------|-------|-------|
|   | PP                           | CAL   | CAg   | GPD                     | CAI   | EA    |
| 1 (7 d)                                   |                              |       |       |                         |       |       |
| TC  | 0.180                        | 0.146 | 0.433 | 0.019                   | 1.07  | 0.936 |
| TL  | 0.186                        | 0.146 | 0.450 | 0.020                   | 1.03  | 0.973 |
| TM  | 0.171                        | 0.145 | 0.435 | 0.018                   | 1.19  | 0.874 |
| EEM                                       | 0.008                        | 0.002 | 0.006 | 0.001                   | 0.07  | 0.051 |
| P-value                                   | 0.695                        | 0.958 | 0.343 | 0.695                   | 0.598 | 0.637 |

| 2 (14 d) |                     |       |       |       |       |       |
|----------|---------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| TC       | 0.500 <sup>ab</sup> | 0.403 | 1.23  | 0.046 | 1.26  | 0.796 |
| TL       | 0.524 <sup>a</sup>  | 0.398 | 1.24  | 0.048 | 1.18  | 0.848 |
| TM       | 0.496 <sup>b</sup>  | 0.396 | 1.19  | 0.046 | 1.22  | 0.821 |
| EEM      | 0.009               | 0.009 | 0.03  | 0.002 | 0.04  | 0.029 |
| P-value  | 0.061               | 0.987 | 0.622 | 0.343 | 0.394 | 0.385 |

<sup>1</sup> TC: dieta basal sin la adición de aceite de orégano, TL: dieta basal suplementada con 100 ppm de aceite de orégano líquido, TM: dieta basal con 100 ppm de aceite de orégano microparticulado. EEM: error estándar de la media.

<sup>2,3</sup> PP: Peso pollo, CAL: consumo de alimento, CAg: consumo de agua; GPD: ganancia de peso diaria, CAI: conversión alimenticia, EA: eficiencia alimenticia.

<sup>ab</sup> Medias en columnas con diferente superíndice difieren entre tratamientos ( $P \leq 0.10$ ; Fisher).

### 6.2.2. Comportamiento Productivo de la Semana 3 y 4

La producción y eficiencia alimenticia de los pollos de engorda se muestra en el Cuadro 8. En la tercera semana no existieron diferencias ( $P > 0.05$ ) en las variables productivas, pero si se observaron para la eficiencia productiva en la semana 4 ( $P < 0.10$ ). La mejor eficiencia la presentó TC ( $> GPD$ ) y TL ( $> CAI$  y  $< EA$ ), aunque TL y TM tuvieron un PP menor, TL resultó ser el más eficiente en la productividad con un PP alto. Gumus *et al.* (2023) presentaron resultados similares para las variables de comportamiento productivo para los 21 días de experimentados con aceites esenciales en dieta de pollo. Por el contrario, utilizando 400 ppm de AO en agua de beber puede obtenerse menor PP y eficiencia menores (Hernández-Coronado *et al.*, 2019) comparado con este trabajo, lo cual podría deberse a la concentración y método de administración del AO.

**Cuadro 8.** Comportamiento productivo de pollos alimentados con dietas con aceite de orégano líquido y microparticulado en las semanas 3 y 4.

| Semanas (d)/<br>Tratamientos <sup>1</sup> | Producción (kg) <sup>2</sup> |     |     |     | Eficiencia <sup>3</sup> |    |
|---|------------------------------|-----|-----|-----|-------------------------|----|
|   | PP                           | CAL | CAg | GPD | CAI                     | EA |
| 3 (21 d)                                  |                              |     |     |     |                         |    |

|          |       |       |       |                    |                    |                     |
|----------|-------|-------|-------|--------------------|--------------------|---------------------|
| TC       | 0.98  | 0.657 | 1.66  | 0.068              | 1.37               | 0.728               |
| TL       | 1.01  | 0.660 | 1.77  | 0.069              | 1.37               | 0.733               |
| TM       | 0.99  | 0.645 | 1.64  | 0.070              | 1.31               | 0.762               |
| EEM      | 0.01  | 0.008 | 0.04  | 0.002              | 0.04               | 0.020               |
| P-value  | 0.424 | 0.587 | 0.283 | 0.953              | 0.356              | 0.416               |
| 4 (28 d) |       |       |       |                    |                    |                     |
| TC       | 1.61  | 0.946 | 2.47  | 0.090 <sup>a</sup> | 1.50 <sup>b</sup>  | 0.669 <sup>a</sup>  |
| TL       | 1.60  | 0.947 | 2.39  | 0.085 <sup>b</sup> | 1.59 <sup>a</sup>  | 0.628 <sup>b</sup>  |
| TM       | 1.58  | 0.928 | 2.35  | 0.084 <sup>b</sup> | 1.58 <sup>ab</sup> | 0.634 <sup>ab</sup> |
| EEM      | 0.02  | 0.010 | 0.04  | 0.001              | 0.03               | 0.012               |
| P-value  | 0.396 | 0.564 | 0.113 | 0.045              | 0.066              | 0.073               |

<sup>1</sup> TC: dieta basal sin la adición de aceite de orégano, TL: dieta basal suplementada con 100 ppm de aceite de orégano líquido, TM: dieta basal con 100 ppm de aceite de orégano microparticulado. EEM: error estándar de la media.

<sup>2,3</sup> PP: Peso pollo, CAL: consumo de alimento, CAg: consumo de agua; GPD: ganancia de peso diaria, CAI: conversión alimenticia, EA: eficiencia alimenticia.

<sup>ab</sup> Medias en columnas con diferente superíndice difieren entre tratamientos ( $P \leq 0.05$ , Tukey;  $P \leq 0.10$ , Fisher).

### 6.2.3. Comportamiento de la Producción en la Semana 5 y 6

En la quinta semana, el PP, CAL, GPD, CAI y EA tuvieron tendencias significativas ( $P < 0.10$ ) (Cuadro 9). Los pollos de los grupos TL y TM tuvieron los mejores PP, CAL y GPD comparados con los TC, pero la eficiencia mejoró para TC y TL. Lo contrario fue reportado por Cázares-Gallegos *et al.* (2019) y Gumus *et al.* (2023), quienes no obtuvieron tendencias en el comportamiento productivo cuando investigaron aceite de orégano, tomillo y romero. En la investigación de Hernández-Coronado *et al.* (2019), al día 35 reportaron PP inferiores (1.06 a 1.24 kg), con un CAL y CAg menores. Lo anterior puede deberse a las concentraciones de orégano utilizadas en la engorda de los pollos, mejorando su metabolismo y demanda de consumo de alimento y agua.

En la sexta semana, GDP, CAL y EA fueron significativos ( $P < 0.10$ ); GPD mejoró para los pollos de TL y TM, pero tuvieron mayor CAI; la EA fue mejor en TC y TL. En la investigación de Ngouana *et al.* (2017) se obtuvieron resultados similares en los PP y

el CAL utilizando 100 ppm de AO y carbón durante 49 días. Por su parte, Sánchez-Zamora *et al.* (2019) reportaron valores superiores para CAg cuando evaluaron mezclas de inulina y AO en un periodo de 40 días. Dichos autores mencionan que los efectos en el comportamiento productivo pueden ser atribuidos a los componentes del AO en el sistema digestivo de las aves, las cuales mejoran sus procesos de digestión.

**Cuadro 9.** Comportamiento productivo de pollos alimentados con dietas con aceite de orégano líquido y microparticulado en las semanas 5 y 6.

| Semanas (d)/<br>Tratamientos <sup>1</sup> | Producción (kg) <sup>2</sup> |                    |       | Eficiencia <sup>3</sup> |                    |                     |
|---|------------------------------|--------------------|-------|-------------------------|--------------------|---------------------|
|   | PP                           | CAL                | CAg   | GPD                     | CAI                | EA                  |
| 5 (35 d)                                  |                              |                    |       |                         |                    |                     |
| TC  | 2.21 <sup>b</sup>            | 1.14 <sup>b</sup>  | 2.71  | 0.086 <sup>b</sup>      | 1.92 <sup>a</sup>  | 0.526 <sup>b</sup>  |
| TL  | 2.31 <sup>a</sup>            | 1.18 <sup>a</sup>  | 2.75  | 0.102 <sup>a</sup>      | 1.66 <sup>ab</sup> | 0.603 <sup>ab</sup> |
| TM  | 2.31 <sup>a</sup>            | 1.16 <sup>ab</sup> | 2.95  | 0.105 <sup>a</sup>      | 1.57 <sup>b</sup>  | 0.637 <sup>a</sup>  |
| EEM                                       | 0.02                         | 0.02               | 0.14  | 0.003                   | 0.06               | 0.017               |
| P-value                                   | 0.086                        | 0.087              | 0.265 | 0.051                   | 0.097              | 0.056               |
| 6 (41 d)                                  |                              |                    |       |                         |                    |                     |
| TC  | 2.90                         | 0.908              | 2.11  | 0.138 <sup>a</sup>      | 1.33 <sup>b</sup>  | 0.758 <sup>a</sup>  |
| TL  | 2.94                         | 0.926              | 2.37  | 0.124 <sup>ab</sup>     | 1.50 <sup>a</sup>  | 0.673 <sup>ab</sup> |
| TM  | 2.91                         | 0.897              | 2.13  | 0.119 <sup>b</sup>      | 1.51 <sup>a</sup>  | 0.662 <sup>b</sup>  |
| EEM                                       | 0.02                         | 0.010              | 0.09  | 0.005                   | 0.06               | 0.030               |
| P-value                                   | 0.261                        | 0.150              | 0.280 | 0.092                   | 0.054              | 0.068               |

<sup>1</sup> TC: dieta basal sin la adición de aceite de orégano, TL: dieta basal suplementada con 100 ppm de aceite de orégano líquido, TM: dieta basal con 100 ppm de aceite de orégano microparticulado. EEM: error estándar de la media.

<sup>2,3</sup> PP: Peso pollo, CAL: consumo de alimento, CAg: consumo de agua; GPD: ganancia de peso diaria, CAI: conversión alimenticia, EA: eficiencia alimenticia.

<sup>ab</sup> Medias en columnas con diferente superíndice difieren entre tratamientos ( $P \leq 0.05$ , Tukey;  $P \leq 0.10$ , Fisher).



#### 6.2.4. Producción de Carne en Canal

El PS, CC y CF no presentaron diferencia ( $P > 0.05$ ), pero TL obtuvo valores superiores (Cuadro 10). El Pp presentó diferencia ( $P < 0.05$ ) entre los tratamientos, siendo los pollos del TL quienes obtuvieron el mayor Pp, y TC obtuvo el menor. Los resultados en PS, CC y CF fueron similares a otras investigaciones (Méndez-Zamora *et al.*, 2015; Hernández-Coronado *et al.*, 2019; Barranza-Santos *et al.*, 2019). Por otra parte, Cázares-Gallegos *et al.* (2019) no obtuvieron diferencia en Pp de pollos suplementados con 200 ppm de AO. Esos autores indicaron que el Pp es alterado por los componentes activos del AO (carvacrol y timol) al aumentar su concentración en las dietas de las aves, los cuales mejoran la síntesis de aminoácidos para el desarrollo muscular. Con este estudio puede indicarse lo mismo, pero con el uso de concentraciones de 100 ppm en líquido y microparticulado, mostrando una mejora en el desarrollo muscular de las pechugas.

**Cuadro 10.** Rendimientos de canal y carne de pechuga pollos alimentados con dietas con aceite de orégano líquido y microparticulado.

| Tratamiento <sup>1</sup> | Variables(kg) <sup>2</sup> |                   |                   |                    |
|--------------------------|----------------------------|-------------------|-------------------|--------------------|
|                          | PS                         | CC                | CF                | Pp                 |
| TC                       | 2.82 <sup>a</sup>          | 2.07 <sup>a</sup> | 2.06 <sup>a</sup> | 0.84 <sup>a</sup>  |
| TL                       | 2.89 <sup>a</sup>          | 2.16 <sup>a</sup> | 2.15 <sup>a</sup> | 0.90 <sup>b</sup>  |
| TM                       | 2.87 <sup>a</sup>          | 2.12 <sup>a</sup> | 2.12 <sup>a</sup> | 0.89 <sup>ab</sup> |
| EEM                      | 0.04                       | 0.03              | 0.03              | 0.02               |
| P-values                 | 0.455                      | 0.111             | 0.151             | 0.029              |

<sup>1</sup> TC: dieta basal sin la adición de aceite de orégano, TL: dieta basal suplementada con 100 ppm de aceite de orégano líquido, TM: dieta basal con 100 ppm de aceite de orégano microparticulado. EEM: error estándar de la media.

<sup>2</sup> PS: peso sacrificio, CC: canal caliente, CF: canal fría, Pp: peso pechuga.

<sup>a-b</sup> Medias en columnas con diferente superíndice difieren entre tratamientos ( $P < 0.05$ ).

#### 6.2.5. pH y Retención de Agua de la Carne

La CRA mostró diferencia ( $P < 0.05$ ); la pechuga de TC tuvo la mejor CRA y TL la menor (Cuadro 11). El pH no presentó diferencia ( $P > 0.05$ ), obteniendo valores entre

6.1 y 6.2; estos resultados de pH son similares a los obtenidos por Hernández-Coronado *et al.* (2019), Cázares Gallegos *et al.* (2019) y Barranza-Santos *et al.* (2020). En el estudio de Sánchez-Zamora *et al.* (2020) utilizaron 200 ppm en pollos de engorda durante 41 días y obtuvieron valores entre 5.81 a 5.96 sin diferencias. Respecto a los resultados de CRA, éstos fueron similares a los obtenidos por Hernández-Coronado *et al.* (2019) y Barranza-Santos *et al.* (2020), los cuales presentaron un rango de 56.32 a 63.25%. En el estudio de Méndez-Zamora *et al.* (2015a) obtuvieron la misma tendencia en CRA, con mejor retención de agua en la carne de pechugas de pollos suplementados con 400 ppm de AO en las dietas. Investigaciones previas han estudiado la relación entre el pH y la CRA, las cuales establecen que al obtener valores de pH cercanos al punto isoeléctrico de la proteína miosina (5.4), la CRA se reduce por la retracción de las fibrillas musculares (López *et al.*, 2011). En esta investigación no se cumplió esta relación ya que se obtuvieron valores superiores a 5.4, lo que indica buena estabilidad de las proteínas y buena retención de agua para el grupo TC, y no así para TM y TL.

**Cuadro 11.** Propiedades fisicoquímicas de pechuga de pollos alimentados con dietas con aceite de orégano.

| Tratamiento <sup>1</sup> | pH                | CRA (%) <sup>2</sup> |
|--------------------------|-------------------|----------------------|
| TC                       | 6.16 <sup>a</sup> | 71.14 <sup>a</sup>   |
| TL                       | 6.22 <sup>a</sup> | 54.77 <sup>b</sup>   |
| TM                       | 6.19 <sup>a</sup> | 55.13 <sup>b</sup>   |
| EEM                      | 0.02              | 1.40                 |
| P-values                 | 0.143             | 0.000                |

<sup>1</sup> TC: dieta basal sin la adición de aceite de orégano, TL: dieta basal suplementada con 100 ppm de aceite de orégano líquido, TM: dieta basal con 100 ppm de aceite de orégano microparticulado. EEM: error estándar de la media.

<sup>2</sup> CRA: capacidad de retención de agua.

<sup>a-b</sup> Medias en columnas con diferente superíndice difieren entre tratamientos (P<0.05).

### 6.2.6. Color en Carne

La tendencia al color rojo (a\*) y saturación de color (Chroma) presentaron diferencias

( $P < 0.05$ ) entre la carne de los grupos de pechugas de pollos alimentados con dietas con AO líquido y microparticulado (Cuadro 12). La  $a^*$  y saturación resaltaron para TL y TM, siendo más altas para TM y menores para TC. La  $L^*$ ,  $b^*$  y tonalidad (Hue) no presentaron diferencia ( $P > 0.05$ ) en la carne de pechuga de los diferentes grupos experimentales;  $a^*$  y saturación son similares a los obtenidos por Hernández-Coronado *et al.* (2019) y Cázares Gallegos *et al.* (2019), quienes evaluaron 200 a 1000 ppm. En particular, el estudio de Hernández-Coronado *et al.* (2019) obtuvo efecto en  $a^*$  y saturación cuando suplementaron 200 ppm de AO en agua de beber. En la investigación con inulina y AO de Sánchez-Zamora *et al.* (2019) no obtuvieron diferencias en  $a^*$  pero si en saturación. Esos autores comentan que las diferencias de color pueden ser afectadas por la cantidad de carotenos del AO. En este caso, el orégano microparticulado mostró un efecto directo para incrementar  $a^*$  y saturación, por lo que indica un posible efecto en los componentes de la carne más que la suplementación del AO líquido.

**Cuadro 12.** Propiedades de color en carne de pechuga de pollos alimentados con dietas con aceite de orégano líquido y microparticulado.

| Tratamientos <sup>1</sup> | Color <sup>2</sup> |                     |                   |                     |                    |
|---------------------------|--------------------|---------------------|-------------------|---------------------|--------------------|
|                           | $L^*$              | $a^*$               | $b^*$             | Chroma              | Hue                |
| TC                        | 65.45 <sup>a</sup> | 12.44 <sup>b</sup>  | 6.96 <sup>a</sup> | 14.32 <sup>b</sup>  | 29.25 <sup>a</sup> |
| TL                        | 65.19 <sup>a</sup> | 13.22 <sup>ab</sup> | 7.68 <sup>a</sup> | 15.34 <sup>ab</sup> | 30.17 <sup>a</sup> |
| TM                        | 64.98 <sup>a</sup> | 13.77 <sup>a</sup>  | 7.81 <sup>a</sup> | 15.98 <sup>a</sup>  | 28.51 <sup>a</sup> |
| EEM                       | 0.44               | 0.93                | 0.96              | 0.98                | 1.20               |
| P-value                   | 0.143              | 0.019               | 0.158             | 0.004               | 0.859              |

<sup>1</sup> TC: dieta basal sin la adición de aceite de orégano, TL: dieta basal suplementada con 100 ppm de aceite de orégano líquido, TM: dieta basal con 100 ppm de aceite de orégano microparticulado. EEM: error estándar de la media.

<sup>2</sup>  $L^*$ : Luminosidad;  $a^*$ : tendencia al rojo;  $b^*$ : tendencia al amarillo; Chroma: índice de saturación; Hue: índice de tonalidad

<sup>a-b</sup> Medias en columnas con diferente superíndice difieren entre tratamientos (P<0. 05).

### 6.2.7. Composición Bromatológica de la Carne de Pechuga

La composición bromatológica (%) se observa en el Cuadro 13. La humedad, cenizas y carbohidratos resultaron diferentes (P < 0.05) entre los tratamientos. La carne de TM presentó los contenidos de humedad y cenizas más altos, pero este grupo tuvo el menor contenido de carbohidratos. El porcentaje de humedad de la carne TL fue menor, y las cenizas fueron menores en la carne TC. En el estudio de Bosetti *et al.* (2020) utilizaron microencapsulaciones de carvacrol y cinamaldehído en 100, 200 y 400 ppm en pollos de engorda y no encontraron efecto en la composición de la carne. Estudios de aceites esenciales utilizados en bovinos y ovinos (Rivaroli *et al.*, 2016; Moura *et al.*, 2017) no presentaron efectos en la composición de la carne. El trabajo realizado por Méndez-Zamora *et al.* (2015b) obtuvo menor porcentaje de humedad y cenizas cuando estudiaron 400 ppm de AO en la engorda de pollos. Estos resultados muestran que la composición de la carne es afectada por la adición de AO en las dietas, siendo 100 ppm capaz de incrementar el porcentaje de humedad y cenizas. El resultado de carbohidratos indicó que el orégano en micropartículas disminuye las reservas de energía, por lo cual el contenido en carne pudo haberse disminuido.

**Cuadro 13.** Composición bromatológica (%) de la carne de pollos alimentados con dietas con aceite de orégano líquido y microencapsulado por 41 días.

| Tratamientos <sup>1</sup> | Componente (%)      |                    |                   |                   |                   |
|---------------------------|---------------------|--------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
|                           | Humedad             | Proteína           | Grasa             | Cenizas           | Carbohidratos     |
| TC                        | 78.37 <sup>ab</sup> | 0.394 <sup>a</sup> | 1.05 <sup>a</sup> | 0.77 <sup>b</sup> | 4.47 <sup>a</sup> |
| TL                        | 78.11 <sup>b</sup>  | 0.267 <sup>a</sup> | 1.09 <sup>a</sup> | 0.85 <sup>a</sup> | 4.98 <sup>a</sup> |
| TM                        | 79.20 <sup>a</sup>  | 0.214 <sup>a</sup> | 1.01 <sup>a</sup> | 0.85 <sup>a</sup> | 3.45 <sup>b</sup> |
| EEM                       | 0.31                | 0.30               | 0.07              | 0.01              | 0.29              |
| P-value                   | 0.045               | 0.347              | 0.720             | 0.000             | 0.001             |

<sup>1</sup> TC: dieta basal sin la adición de aceite de orégano, TL: dieta basal suplementada con 100 ppm de aceite de orégano líquido, TM: dieta basal con 100 ppm de aceite de orégano microparticulado. EEM: error estándar de la media.

<sup>a-b</sup> Medias en columnas con diferente superíndice difieren entre tratamientos (P<0. 05).

### 6.2.8. Textura de la Carne

La FZC y el análisis de textura de la pechuga de pollos se muestran en el Cuadro 14. La FZC mostró una tendencia (P < 0.10), donde la carne de TL tuvo mejor resistencia al corte y TM obtuvo la menor FZC. La DRZ y AD tuvieron diferencias (P < 0.05); la DRZ incrementó para TC, pero su AD disminuyó. Por otra parte, TL obtuvo la menor DRZ (más suave) y mayor AD. Los resultados para las variables de DRZ y AD fueron diferentes a Cázares-Gallegos *et al.* (2019) y Sánchez-Zamora *et al.* (2019), los cuales reportaron valores inferiores con AO en dosis de 200 a 1000 ppm. En cambio, Hernández-Coronado *et al.* (2019) evaluaron 400 ppm de AO en agua de beber para pollos y presentaron resultados similares de dureza (46.22 a 51.33 N), con la misma tendencia de valores inferiores de DRZ y AD para la carne de pechugas de pollos suplementados con AO. El estudio realizado en codornices por Barranza-Santos *et al.* (2020) reportó resultados similares de FZC y DRZ con 200 ppm, teniendo pechugas más suaves de las aves suplementadas con AO. Estas variaciones en la DRZ de pechugas de pollo suplementados con AO se pueden atribuir a los cambios fisicoquímicos que se producen en el tejido muscular *post mortem*, durante el proceso de conversión de músculo a carne, tales como la glucólisis anaerobia, donde afectarían la hidrólisis de los enlaces peptídicos de los aminoácidos y más liberación de agua, haciendo más suave y adhesiva la carne.

**Cuadro 14.** Fuerza de corte y análisis de textura de la carne de pechuga de pollos alimentados con dietas con aceite de orégano líquido y microparticulado.

| Tratamientos <sup>1</sup> | Textura <sup>2</sup> |                     |                         |                    |
|---------------------------|----------------------|---------------------|-------------------------|--------------------|
|                           | FZC (N)              | DRZ (N)             | AD (g s <sup>-1</sup> ) | EL (mm)            |
| TC                        | 12.40 <sup>ab</sup>  | 53.99 <sup>a</sup>  | -52.21 <sup>b</sup>     | 0.474 <sup>a</sup> |
| TL                        | 13.15 <sup>a</sup>   | 46.21 <sup>b</sup>  | -19.05 <sup>a</sup>     | 0.475 <sup>a</sup> |
| TM                        | 11.19 <sup>b</sup>   | 47.09 <sup>ab</sup> | -22.57 <sup>a</sup>     | 0.466 <sup>a</sup> |
| EEM                       | 0.60 <sup>a</sup>    | 2.07                | 5.73                    | 0.008              |

|         |       |       |       |       |
|---------|-------|-------|-------|-------|
| P-value | 0.082 | 0.027 | 0.000 | 0.795 |
|---------|-------|-------|-------|-------|

<sup>1</sup> TC: dieta basal sin la adición de aceite de orégano, TL: dieta basal suplementada con 100 ppm de aceite de orégano líquido, TM: dieta basal con 100 ppm de aceite de orégano microparticulado. EEM: error estándar de la media.

<sup>2</sup> FZC: fuerza de corte; DRZ: dureza; AD: adhesividad; El: elasticidad.

<sup>a-b</sup> Medias en columnas con diferente superíndice difieren entre tratamientos ( $P < 0.05$ , Tukey;  $P < 0.10$ , Fisher).

El Cuadro 15 presenta los resultados de cohesividad, gomosidad, masticabilidad y resiliencia de la carne de pechugas de pollo alimentados con AO en dietas. Esas variables de textura no presentaron diferencias ( $P > 0.05$ ) entre los tratamientos. Las investigaciones de Cázares-Gallegos *et al.* (2019) y Sánchez-Zamora *et al.* (2019) mostraron resultados similares para estas variables. Hernández-Coronado *et al.* (2019) reportaron efecto en cohesividad y resiliencia de la carne cuando usaron 400 ppm de AO en pollos de engorda. Barranza-Santos *et al.* (2020) en su investigación con codornices suplementadas con 200 ppm de AO en 55 d presentaron diferencias para esas dos variables. Los autores mencionaron que los cambios en el pH *post mortem* pudiera afectar la habilidad del tejido muscular de retener agua o composición de la carne, lo cual puede causar cambios en la textura de la carne.

**Cuadro 15.** Propiedades de textura de la carne de pechugas de pollos alimentados con dietas con aceite de orégano líquido y microparticulado.

| Tratamientos <sup>1</sup> | Textura <sup>2</sup> |                    |                          |                    |
|---------------------------|----------------------|--------------------|--------------------------|--------------------|
|                           | COH                  | GM (g)             | MA (g mm <sup>-1</sup> ) | RS                 |
| TC                        | 0.402 <sup>a</sup>   | 21.94 <sup>a</sup> | 10.46 <sup>a</sup>       | 0.139 <sup>a</sup> |
| TL                        | 0.405 <sup>a</sup>   | 18.94 <sup>a</sup> | 8.99 <sup>a</sup>        | 0.141 <sup>a</sup> |
| TM                        | 0.410 <sup>a</sup>   | 19.23 <sup>a</sup> | 9.03 <sup>a</sup>        | 0.141 <sup>a</sup> |
| EEM                       | 0.010                | 1.06               | 0.52                     | 0.004              |
| P-value                   | 0.916                | 0.116              | 0.106                    | 0.879              |

<sup>1</sup> TC: dieta basal sin la adición de aceite de orégano, TL: dieta basal suplementada con 100 ppm de aceite de orégano líquido, TM: dieta basal con 100 ppm de aceite de orégano microparticulado. EEM: error estándar de la media.

<sup>2</sup> COH: cohesividad, GM: gomosidad, MA: masticabilidad, RS: resiliencia.

<sup>a-b</sup> Medias en columnas con diferente superíndice difieren entre tratamientos ( $P < 0.05$ ).

### 6.2.9. Análisis Sensorial de la Carne

El análisis sensorial de la carne de pechuga de pollos mostró tendencias ( $P < 0.10$ ) en SV y diferencia ( $P < 0.05$ ) en JG (Cuadro 16). La SV de la carne fue más aceptada para TM (me gusta mucho) y ligeramente menos aceptada para TC y TL (me gusta). Así mismo, la JG tuvo el mismo comportamiento, siendo más preferida en TM. La apariencia, olor, sabor y aceptación global fue evaluada como me gusta. Estudios realizados por Symeon *et al.* (2009) y Cázares Gallegos *et al.* (2019) evaluando AO en las dietas obtuvieron resultados similares, pero sin efectos significativos. Por otra parte, Popović *et al.* (2019) usaron una mezcla de aceites esenciales de romero, tomillo y orégano en un periodo de 42 días a una concentración de 500 y 1,000 ppm obteniendo efecto en jugosidad. Estos resultados mostraron que el AO en micropartículas mejora la aceptación de la carne en términos de suavidad y jugosidad.

**Cuadro 16.** Análisis sensorial de la carne de pollos alimentados con dietas con aceite de orégano por 41 días.

| Tratamientos <sup>1</sup> | Atributos <sup>2</sup> |                   |                   |                   |                   |                   |
|---------------------------|------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
|                           | AP                     | OL                | SB                | SV                | JG                | AG                |
| TC                        | 4.00 <sup>a</sup>      | 4.00 <sup>a</sup> | 4.00 <sup>a</sup> | 4.00 <sup>b</sup> | 3.00 <sup>b</sup> | 4.00 <sup>a</sup> |
| TL                        | 4.00 <sup>a</sup>      | 4.00 <sup>a</sup> | 4.00 <sup>a</sup> | 4.00 <sup>b</sup> | 3.00 <sup>b</sup> | 4.00 <sup>a</sup> |
| TM                        | 4.00 <sup>a</sup>      | 4.00 <sup>a</sup> | 4.00 <sup>a</sup> | 5.00 <sup>a</sup> | 4.00 <sup>a</sup> | 4.00 <sup>a</sup> |
| P-value                   | 0.269                  | 0.185             | 0.554             | 0.096             | 0.003             | 0.234             |

<sup>1</sup> TC: dieta basal sin la adición de aceite de orégano, TL: dieta basal suplementada con 100 ppm de aceite de orégano líquido, TM: dieta basal con 100 ppm de aceite de orégano microparticulado.

<sup>2</sup> AP: apariencia, OL: olor, SB: sabor, SV: suavidad; JG: jugosidad, AG: aceptabilidad global.

<sup>a-b</sup> Medianas en columnas con diferente superíndice difieren entre tratamientos ( $P < 0.05$ , Tukey;  $P < 0.10$ , Fisher).

### 6.3. Salchicha Obtenida de la Carne de Pechuga de Pollos Alimentados con Dietas con Orégano Líquido y Microparticulado

#### 6.3.1. pH y Retención de Agua

El pH y la CRA de las salchichas elaboradas de pechugas de pollos suplementados con AO líquido y micropartículas no tuvieron efectos significativos ( $P > 0.05$ ), con pH promedio 6.3 y CRA de 53 a 55% (Cuadro 17). Viuda-Martos *et al.* (2010) obtuvieron valores similares adicionando en la formulación de salchicha de pollo 100 ppm. Esos autores sugirieron que un pH ácido de las salchichas se debe al ácido láctico que resulta del crecimiento de bacterias ácido lácticas, pero es posible que el pH se mantenga en 6.3 debido al AO que fue suplementado en pollos e inhibe el crecimiento de bacterias. En CRA, Ganesan *et al.* (2019) y Sousa *et al.* (2017) reportaron valores de 74.67 a 78.26% en salchichas emulsificadas, superando los resultados obtenidos en esta investigación. Estos estudios mencionaron que la interacción entre los componentes es un factor para obtener mejores resultados en CRA.

**Cuadro 17.** pH y retención de agua en salchichas elaboradas con carne de pechuga de pollo alimentados con dietas con aceite de orégano líquido y microparticulado.

| Tratamientos <sup>1</sup> | pH                | CRA (%) <sup>2</sup> |
|---------------------------|-------------------|----------------------|
| SC                        | 6.31 <sup>a</sup> | 53.75 <sup>a</sup>   |
| SL                        | 6.35 <sup>a</sup> | 54.86 <sup>a</sup>   |
| SM                        | 6.33 <sup>a</sup> | 55.68 <sup>a</sup>   |
| EEM                       | 0.02              | 1.39                 |
| P-value                   | 0.265             | 0.650                |

<sup>1</sup> SC: salchicha control de carne de pechugas de los pollos TC, SL: salchicha de carne de pechugas de los pollos TL, SM: salchicha de carne de pechugas de los pollos TM. EEM: error estándar de la media.

<sup>2</sup> CRA: capacidad de retención de agua.

<sup>a-b</sup> Medias en columnas con diferente superíndice difieren entre tratamientos ( $P < 0.05$ ).

#### 6.3.2. Color

La L\*, a\*, b\* y tonalidad (Hue) fueron diferentes ( $P < 0.05$ ) entre las salchichas (Cuadro



18). L\*, b\* y tonalidad incrementaron en las SC; SL obtuvo valores más bajos de L\* y tonalidad, mientras que las SM presentaron una b\* menor. La a\* aumento en las SL y SM comparado con el control. Este resultado indicó que una carne de pollos suplementados con AO mejora el color rosa de los productos cárnicos emulsificados; un incremento de la mioglobina en la carne puede asociarse a la suplementación de AO, el cual reacciona con los NO<sub>2</sub> cuando se elabora la salchicha; en consecuencia, mejora la a\*. Los resultados en a\* y b\* son similares a los obtenidos por Sivoldi *et al.* (2021) en salchichas de cerdo con mezclas de aceite de orégano y albahaca aplicadas directamente en la mezcla cárnica. Así mismo, Perales Jasso *et al.* (2018) estudiaron 1,000 ppm de AO en chorizo mexicano obteniendo efectos en L\*, a\*, b\* y tono. Viuda-Martos *et al.* (2010) tuvieron valores más elevados de L\*, b\* e intensidad de color en salchichas con AO, indicando que el color de los embutidos puede ser afectado por la concentración de pigmentos, la cantidad de agua y los materiales disueltos en la emulsión.

**Cuadro 18.** Parámetros de color en salchichas elaboradas con carne de pechugas de pollos alimentados con dietas con aceite de orégano líquido y microencapsulado.

| Tratamientos <sup>1</sup> | Variables de color <sup>2</sup> |                   |                    |                   |                    |
|---------------------------|---------------------------------|-------------------|--------------------|-------------------|--------------------|
|                           | L*                              | a*                | b*                 | Chroma            | Hue                |
| SC                        | 81.26 <sup>a</sup>              | 2.64 <sup>b</sup> | 7.77 <sup>a</sup>  | 8.27 <sup>a</sup> | 70.43 <sup>a</sup> |
| SL                        | 79.74 <sup>b</sup>              | 3.43 <sup>a</sup> | 7.18 <sup>ab</sup> | 7.99 <sup>a</sup> | 63.97 <sup>b</sup> |
| SM                        | 80.08 <sup>ab</sup>             | 3.33 <sup>a</sup> | 6.93 <sup>b</sup>  | 7.74 <sup>a</sup> | 64.07 <sup>b</sup> |
| EEM                       | 0.36                            | 0.14              | 0.21               | 0.18              | 1.29               |
| P-value                   | 0.019                           | 0.001             | 0.041              | 0.192             | 0.001              |

<sup>1</sup> SC: salchicha control de carne de pechugas de los pollos TC, SL: salchicha de carne de pechugas de los pollos TL, SM: salchicha de carne de pechugas de los pollos TM. EEM: error estándar de la media.

<sup>2</sup> L\*: luminosidad, a\*: tendencia al rojo, b\*: tendencia al amarillo, Chroma: índice de saturación, Hue: índice de tonalidad.

<sup>a-b</sup> Medias en columnas con diferente superíndice difieren entre tratamientos (P<0.05).

### 6.3.3. Composición Bromatológica

La composición bromatológica de las salchichas se muestra en el Cuadro 19. La

composición no presentó diferencias ( $P > 0.05$ ), a excepción de los carbohidratos, los cuales tuvieron una tendencia ( $P < 0.10$ ); las SC tuvieron más carbohidratos y SM obtuvo el menor contenido. El resultado de SM está relacionado con el contenido de carbohidratos de la carne, ya que también presentó el menor contenido, tal efecto sería por la suplementación del AO en micropartículas. La composición de las salchichas es similar a la reportada por Orozco *et al.* (2019), Carvalho *et al.* (2020) y Sivoldi *et al.* (2021). El estudio de Charles-Aviles *et al.* (2019) mostraron diferencias en el porcentaje humedad de los chorizos mexicanos adicionados con AO en 1,000 ppm.

**Cuadro 19.** Composición bromatológica (%) de salchicha elaborada con carne de pollos alimentados con dietas con aceite de orégano líquido y en micropartículas.

| Tratamientos <sup>1</sup> | Componente (%) |                    |                   |                   |                    |
|---------------------------|----------------|--------------------|-------------------|-------------------|--------------------|
|                           | Humedad        | Proteína           | Grasa             | Cenizas           | Carbohidratos      |
| SC                        | 78.94a         | 13.32 <sup>a</sup> | 0.98 <sup>a</sup> | 2.67 <sup>a</sup> | 4.09 <sup>a</sup>  |
| SL                        | 79.44a         | 13.16 <sup>a</sup> | 0.97 <sup>a</sup> | 2.57 <sup>a</sup> | 3.87 <sup>ab</sup> |
| SM                        | 79.57a         | 13.80 <sup>a</sup> | 1.03 <sup>a</sup> | 2.58 <sup>a</sup> | 3.03 <sup>b</sup>  |
| EEM                       | 0.29           | 0.29               | 0.10              | 0.04              | 0.28               |
| P-value                   | 0.307          | 0.382              | 0.912             | 0.102             | 0.074              |

<sup>1</sup> SC: salchicha control de carne de pechugas de los pollos TC, SL: salchicha de carne de pechugas de los pollos TL, SM: salchicha de carne de pechugas de los pollos TM. EEM: error estándar de la media. <sup>a-b</sup> Medias en columnas con diferente superíndice difieren entre tratamientos ( $P < 0.05$ , Tukey;  $P < 0.10$ , Fisher).

#### 6.3.4. Análisis de Textura

El análisis de perfil de textura de las salchichas no fue afectado ( $P > 0.05$ ) (Cuadro 20). Las SC presentaron valores altos en dureza, gomosidad, cohesividad y resiliencia, pero menor adhesividad y elasticidad. En salchichas fermentadas de ave (Sabrine El Adad *et al.* 2015) y salchicha de cerdo (Sivoldi *et al.* 2021) no se observaron diferencias en el análisis de textura entre el control y AO. Diferencias fueron encontrados en chorizo mexicano por Perales Jasso *et al.* (2018) y Charles-Aviles *et al.* (2019) donde

el uso de AO a 1,000 y 2,400 ppm tuvieron efecto en la textura.

**Cuadro 20.** Perfil de textura de salchichas elaboradas con carne de pechuga de pollos alimentados con dietas con aceite de orégano líquido y microparticulado.

| Tratamientos <sup>1</sup> | Variables de textura <sup>2</sup> |                         |                    |                    |                    |                          |                    |
|---------------------------|-----------------------------------|-------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------------|--------------------|
|                           | DRZ (N)                           | AD (g s <sup>-1</sup> ) | EI (mm)            | COH                | GM (g)             | MA (g mm <sup>-1</sup> ) | RS                 |
| SC                        | 37.39 <sup>a</sup>                | -47.46 <sup>a</sup>     | 0.860 <sup>a</sup> | 0.521 <sup>a</sup> | 18.80 <sup>a</sup> | 16.75 <sup>a</sup>       | 0.227 <sup>a</sup> |
| SL                        | 34.65 <sup>a</sup>                | -40.32 <sup>a</sup>     | 0.867 <sup>a</sup> | 0.497 <sup>a</sup> | 17.22 <sup>a</sup> | 14.93 <sup>a</sup>       | 0.218 <sup>a</sup> |
| SM                        | 36.06 <sup>a</sup>                | -41.91 <sup>a</sup>     | 0.862 <sup>a</sup> | 0.475 <sup>a</sup> | 17.12 <sup>a</sup> | 14.75 <sup>a</sup>       | 0.202 <sup>a</sup> |
| EEM                       | 1.29                              | 8.12                    | 0.010              | 0.016              | 1.05               | 0.91                     | 0.010              |
| P-value                   | 0.346                             | 0.818                   | 0.864              | 0.149              | 0.532              | 0.303                    | 0.223              |

<sup>1</sup> SC: salchicha control de carne de pechugas de los pollos TC, SL: salchicha de carne de pechugas de los pollos TL, SM: salchicha de carne de pechugas de los pollos TM. EEM: error estándar de la media.

<sup>2</sup> DRZ: dureza, AD: adhesividad, EI: elasticidad, COH: cohesividad, GM: gomosidad, MA: masticabilidad, RS: resiliencia.

<sup>a-b</sup> Medias en columnas con diferente superíndice difieren entre tratamientos (P<0. 05).

### 6.3.5. Evaluación Sensorial

El análisis sensorial de las salchichas no fue afectado por los tratamientos (P > 0.05), a excepción de olor con una ligera tendencia (P = 0.099) (Cuadro 21). Todos los atributos estuvieron evaluados como me gusta a me gusta mucho. Sabrine El Adad *et al.* (2016) y Heena Sharma *et al.* (2018) presentaron resultados similares en los atributos sensoriales sin encontrar diferencias con la adición del AO en la formulación. Por el contrario, Viuda-Matos *et al.* (2010) encontraron diferencias con el uso de AO en la aceptabilidad global de las salchichas.

**Cuadro 21.** Análisis sensorial de salchichas elaboradas con carne de pollos alimentados con dietas con aceite de orégano líquido y microparticulado por 41 días.

| Tratamientos <sup>1</sup> | Atributos <sup>2</sup> |    |    |    |    |
|---------------------------|------------------------|----|----|----|----|
|                           | CL                     | OL | SB | SV | AG |

|         |                   |                   |                   |                   |                   |
|---------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| SC      | 4.00 <sup>a</sup> | 4.00 <sup>a</sup> | 4.00 <sup>a</sup> | 5.00 <sup>a</sup> | 4.00 <sup>a</sup> |
| SL      | 4.00 <sup>a</sup> | 4.00 <sup>a</sup> | 4.00 <sup>a</sup> | 5.00 <sup>a</sup> | 4.00 <sup>a</sup> |
| SM      | 4.00 <sup>a</sup> | 4.00 <sup>a</sup> | 4.00 <sup>a</sup> | 5.00 <sup>a</sup> | 4.00 <sup>a</sup> |
| P-value | 0.293             | 0.099             | 0.864             | 0.836             | 0.458             |

<sup>1</sup> SC: salchicha control de carne de pechugas de los pollos TC, SL: salchicha de carne de pechugas de los pollos TL, SM: salchicha de carne de pechugas de los pollos TM.

<sup>2</sup> CL: color, OL: olor, SB: sabor, SV: suavidad, AG: aceptación global.

<sup>a-b</sup> Medianas en columnas con diferente superíndice difieren entre tratamientos (P<0.05).

## 7. CONCLUSIONES

Los pollos de engorda suplementados con el AO líquido mejoraron peso, ganancia de peso, consumo de agua y alimento desde la primera a tercera semana de engorda. En la cuarta semana, los pollos de la dieta control (sin AO) tuvieron mayor peso, consumo de agua y alimento.

En la quinta y sexta semana, los pollos alimentados con dietas con AO líquido y microparticulado presentaron mayor peso y ganancia.

El TL mejoró las variables productivas, peso al sacrificio, canales e incrementando el peso de la pechuga.

El pH y retención de agua no fueron afectadas. El AO en micropartículas mejoró la tendencia al rojo y saturación.

La suplementación del AO aumentó el porcentaje de humedad, disminuyó el contenido cenizas, mejoró la suavidad (< dureza) y adhesividad de la carne. En lo sensorial, el AO aumentó la preferencia de la jugosidad de la carne.

Las salchichas no tuvieron efecto en el pH y retención de agua, pero las salchichas con AO de origen en producción mejoraron la tendencia al color rosa y tono.

La composición bromatológica, textura y sensorial no se afectaron. El uso de carne de pollo con el tratamiento de origen no impactó en la textura y atributos sensoriales de las salchichas.

El aceite de orégano pudiera ser una alternativa para mejorar las características de la carne y salchichas elaboradas con carne de las pechugas de pollos alimentados con este extracto en dietas desde su origen.

## **8. RECOMENDACIONES**

Las recomendaciones están indicadas para el comportamiento productivo, calidad de canal, carne y salchicha.

En el comportamiento productivo sería complementario analizar el uso de aceite esencial en las diferentes etapas de crecimiento de las aves para encontrar donde es más efectivo su uso, también el análisis proximal de las heces de las aves para determinar si el AO modifica la absorción y utilización de los macronutrientes.

En la calidad de la canal se recomienda cuantificar los porcentajes de todas las piezas que conforman la canal para determinar cómo los diferentes tejidos musculares son afectados con la alimentación con dietas con el AO.

En la calidad de la carne, el análisis de ácidos grasos complementaría la investigación, ya que el aceite de orégano, al ser liposoluble, pudiera modificar el tipo de grasas producidas por las aves alimentadas con dietas con AO.

Los análisis microbiológicos pueden aportar valiosa información en la calidad de carne y salchicha por toda la literatura existente del efecto antimicrobiano del AO, pero con la novedad que este sería usado desde el origen de la producción de materia prima.

En la calidad de salchicha se pudiera complementar con un análisis de vida de anaquel y su comportamiento antioxidante del efecto del AO en el producto cárnico.

## 9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Amiranashvili, L. L., Gagelidze, N. A., Makaradze, L. A., Varsimashvili, K. I., Tolordava, L. L., Tinikashvili, L. M., Amashukeli, N. V., Sachaneli-Qadagishvili, T. Z., & Kirtadze, E. G. (2017). The effect of homoprobiotic preparation “ Probiogeo ” supplemented with drinking water and feed on survivability and growth performance of broiler-chickens. *Annals of Agrarian Science*, 15(4), 476–479. <https://doi.org/10.1016/j.aasci.2017.08.005>
- Andrés, S. C., García, M. E., Zaritzky, N. E., & Califano, A. N. (2006). Storage stability of low-fat chicken sausages. *Journal of Food Engineering*, 72(4), 311–319. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2004.08.043>
- AOAC INTERNATIONAL. (2016). *Official Methods of Analysis of Association of Official Analytical Chemists*. (20th ed.).
- Barraza-Santos, G. C., Hernández-Martínez, C. A., Sinagawa-García, S. R., Luna-Maldonado, A. I., Flores-Girón, E., Kawas-Garza, J. R., López-Puga, J. C., & Méndez-Zamora, G. (2021). Efecto de aceites esenciales de orégano en la calidad de la carne de codornices. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*, 8(2). <https://doi.org/10.19136/era.a8n2.2709>
- Bosetti, G. E., Griebler, L., Aniecevski, E., Facchi, C. S., Baggio, C., Rossatto, G., Leite, F., Valentini, F. D. A., Santo, A. D., Pagnussatt, H., Boiago, M. M., & Petrolli, T. G. (2020). Microencapsulated carvacrol and cinnamaldehyde replace growth-promoting antibiotics: Effect on performance and meat quality in broiler chickens. *Anais Da Academia Brasileira de Ciências*, 92(3), 1–14. <https://doi.org/10.1590/0001-3765202020200343>
- Busatta, C., Mossi, A. J., Alves Rodrigues, M. R., Cansian, R. L., & de Oliveira, J. V. (2007). Evaluation of *Origanum vulgare* essential oil as antimicrobial agent in sausage. *Brazilian Journal of Microbiology*, 38, 610–616.
- Carvalho, L. T., Lorenzo, J. M., de Carvalho, F. A. L., Bellucci, E. R. B., Trindade, M. A., & Domínguez, R. (2020). Use of turkey meat affected by white striping myopathy for the development of low-fat cooked sausage enriched with chitosan. *Foods*, 9(12). <https://doi.org/10.3390/foods9121866>

- Cázares-Gallegos, R., Silva-Vázquez, R., Hernández-Martínez, C. A., Gutiérrez-Soto, J. G., Kawas-Garza, J. R., Hume, M. E., & Méndez-Zamora, G. M. (2019). Performance, carcass variables, and meat quality of broilers supplemented with dietary Mexican oregano oil. *Revista Brasileira de Ciencia Avicola / Brazilian Journal of Poultry Science*, 21(1). <https://doi.org/10.1590/1806-9061-2018-0801>
- Charles Aviles, J. C., González Garza, C. G., Herrera Balandrano, D. D., Hernández Martínez, C. A., Silva Vázquez, R., Méndez Zamora, G., & Hume, M. E. (2019). Oregano essential oil as vinegar substitute in pork chorizo formulation. *Revistas Chapingo Serie Zonas Áridas*, 18(2), 11–25. <https://doi.org/10.5154/r.rchsza.2018.08.017>
- De Barros Fernandes, R. V., Marques, G. R., Borges, S. V., & Botrel, D. A. (2014). Effect of solids content and oil load on the microencapsulation process of rosemary essential oil. *Industrial Crops and Products*, 58, 173–181. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2014.04.025>
- Dunford, N. T., & Silva, R. (2005). Effect of water stress on plant grow the and thymol and carvacrol concentrations in Mexican oregano grown under controlled conditions. *Journal of Applied Horticulture*, 7(1), 20–22.
- El Adab, S., & Hassouna, M. (2016). Proteolysis, Lipolysis and Sensory Characteristics of a Tunisian Dry Fermented Poultry Meat Sausage with Oregano and Thyme Essential Oils. *Journal of Food Safety*, 36(1), 19–32. <https://doi.org/10.1111/jfs.12209>
- FAOSTAT. (2023). *Producción de Ganadería Primaria*. Producción de Ganadería Primaria. <https://www.fao.org/faostat/es/#data/QCL>
- Florou-Paneri, P., Palatos, G., Govaris, A., Botsoglou, D., Giannenas, I., & Ambrosiadis, I. (2005). Oregano Herb Versus Oregano Essential Oil as Feed Supplements to Increase the Oxidative Stability of Turkey Meat. *International Journal of Poultry Science*, 4(11), 866–871.
- Friedrich, T. (2014). Producción de alimentos de origen animal. Actualidad y perspectivas. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, 48(1), 5–6.
- Ganesan, A. R., Shanmugam, M., & Bhat, R. (2019). Quality enhancement of chicken sausage by semi-refined carrageenan. *Journal of Food Processing and Preservation*, 43(7). <https://doi.org/10.1111/jfpp.13988>



- Gumus, R., & Gelen, S. U. (2023). Effects of dietary thyme and rosemary essential oils on performance parameters with lipid oxidation, water activity, pH, colour and microbial quality of breast and drumstick meats in broiler chickens. *Archives Animal Breeding*, 66(1), 17–29. <https://doi.org/10.5194/aab-66-17-2023>
- Gündüz, G. T., Gönül, Ş. A., & Karapinar, M. (2010). Efficacy of oregano oil in the inactivation of *Salmonella typhimurium* on lettuce. *Food Control*, 21(4), 513–517. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2009.07.016>
- 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>
- Herrera-Balandrano, D. D., Martínez-Rojas, D., Luna-Maldonado, A. I., Gutiérrez-Soto, G., Hernández-Martínez, C. A., Silva-Vázquez, R., Flores-Girón, E., Quintero-Ramos, A., & Méndez-Zamora, G. (2020). Conservación de pechugas de pollo con aceite esencial de orégano mexicano. *Revista de Ciencias Biológicas y de La Salud*, XXII(2), 119–127. <http://biotecnica.unison.mx>
- INEGI. (2023). *Produccion de salchicha México*. Encuesta Mensual de La Industria Manufacturera. <https://www.inegi.org.mx/app/buscador/default.html?q=salchicha#tabMCcollapse-Indicadores>
- Kang, K. M., Lee, S. H., & Kim, H. Y. (2021). Quality properties of whole milk powder on chicken breast emulsion-type sausage. *Journal of Animal Science and Technology*, 63(2), 405–416. <https://doi.org/10.5187/JAST.2021.E30>
- Leyva, C. E., Alonzo, J. F., & Vela, R. (2022). Competitividad de México en la producción de carne de pollo en el mundo de 2005 a 2017. *ATLANTIC REVIEW OF ECONOMICS – AROEC, 5th Volume*.
- Li, Y., Wu, C., Wu, T., Wang, L., Chen, S., Ding, T., & Hu, Y. (2018). Preparation and characterization of citrus essential oils loaded in chitosan microcapsules by using different emulsifiers. *Journal of Food Engineering*, 217, 108–114. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2017.08.026>

Loeza-Concha, H., Salgado-Moreno, S., Ávila-Ramos, F., Gutierrez-Leyva, R., Domínguez-Rebolledo, A., Ayala-Martínez, M., & Escalera-Valente, F. (2020). Revisión del aceite de orégano spp. en salud y producción animal. *Abanico Agroforestal*, 2(1). <https://doi.org/10.37114/abaagrof/2020.1>

Méndez Zamora, G., García Macías, J. A., Durán Meléndez, L. A., Hermán Lara, E., Santellano Estrada, E., & Silva Vázquez, R. (2015a). Aceite esencial de orégano (*Lippia berlandieri* Schauer) en variables de calidad de a canal de pollo. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*, 2(4), 41–51. [www.ujat.mx/era](http://www.ujat.mx/era)

Méndez Zamora, G., García Macías, J. G., Santellano Estrada, E., Durán Meléndez, L. A., & Silva Vázquez, R. (2015b). Aceite de orégano sobre la calidad de pechuga de pollos de engorda. *Investigación y Ciencia de La Universidad Autónoma de Aguascalientes.*, 65, 5–12.

Mihai, A. L., & POPA, M. E. (2013). Essential oils utilization in food industry. *Scientific Bulletin. Series F. Biotechnologies*, 187–192.

Moura, L. V., Oliveira, E. R., Fernandes, A. R. M., Gabriel, A. M. A., Silva, L. H. X., Takiya, C. S., Cònsolo, N. R. B., Rodrigues, G. C. G., Lemos, T., & Gandra, J. R. (2017). Feed efficiency and carcass traits of feedlot lambs supplemented either monensin or increasing doses of copaiba (*Copaifera* spp.) essential oil. *Animal Feed Science and Technology*, 232, 110–118. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2017.08.006>

Nahum, V., & Domb, A. J. (2021). Recent developments in solid lipid microparticles for food ingredients delivery. *Foods*, 10(2), 1–25. <https://doi.org/10.3390/foods10020400>

Ngouana, R., Kana, R., Needem, B., Yemdjie, divine D., Mube, K., Kuiede, S., Tegua, A., & Meimandipour Amir. (2017). Performances of broiler chickens fed on diet supplemented with thyme and oregano essential oils stabilized in a plant charcoal matrix. *Journal of World's Poultry Research*, 7(2), 79–87.

NMX-FF-128-SCFI. (2014). Productos avícolas – Carne de pollo de engorda en canal y en piezas – Clasificación. In *Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural*. Diario Oficial de la Federación. [https://www.dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5455454&fecha=03/10/2016#gsc.ta  
b=0](https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5455454&fecha=03/10/2016#gsc.tab=0)

NOM-009-ZOO. (1994). Proceso sanitario de la carne. In *Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria*. Diario Oficial de la Federación. [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/203872/NOM-009-ZOO-1994\\_161194\\_Orig.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/203872/NOM-009-ZOO-1994_161194_Orig.pdf)

NOM-033-SAG/ZOO. (2014). Métodos para dar muerte a los animales domésticos y silvestres. In *Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural*. Diario Oficial de la Federación.

NOM-213-SSA1. (2019). Productos cárnicos procesados y los establecimientos dedicados a su proceso. Disposiciones y especificaciones sanitarias. Métodos de prueba. In *Productos y Servicios*. Diario Oficial de la Federación. [https://www.dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5556645&fecha=03/0...](https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5556645&fecha=03/0...)

Orkusz, A. (2021). Edible insects versus meat—nutritional comparison: Knowledge of their composition is the key to good health. *Nutrients*, 13(4). <https://doi.org/10.3390/nu13041207>

Orozco, D., Alarcon-Rojo, A. D., Chavez-Mendoza, C., Luna, L., Carrillo-Lopez, L., & Ronquillo, O. (2019). Frankfurters formulated with pecan nut paste and oregano essential oil as functional components: Proximate composition, lipid oxidation, and fatty acid profile. *Journal of Food Processing and Preservation*, 43(8). <https://doi.org/10.1111/jfpp.14016>

Perales-Jasso, Y. J., Gamez-Noyola, S. A., Aranda-Ruiz, J., Hernandez-Martinez, C. A., Gutierrez-Soto, G., Luna-Maldonado, A. I., Silva-Vazquez, R., Hume, M. E., & Mendez-Zamora, G. (2018). Oregano powder substitution and shelf life in pork chorizo using Mexican oregano essential oil. *Food Science and Nutrition*, 6(5), 1254–1260. <https://doi.org/10.1002/fsn3.668>

Popović, S., Puvača, N., Peulić, T., Spasevski, N., Kostadinović, L., & Đuragić, O. (2019). THE USEFULNESS OF DIETARY ESSENTIAL OILS MIXTURE SUPPLEMENTATION ON QUALITY ASPECT OF POULTRY MEAT. *Technology and Engineering Management*, 2(6), 335–343.

Rivaroli, D. C., Guerrero, A., Velandia Valero, M., Zawadzki, F., Eiras, C. E., Campo, M. del 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>

Rutz, J. K., Borges, C. D., Zambiasi, R. C., Da Rosa, C. G., & Da Silva, M. M. (2016). Elaboration of microparticles of carotenoids from natural and synthetic sources for applications in food. *Food Chemistry*, 202, 324–333. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.01.140>

Sánchez-Zamora, N., Silva-Vázquez, R., Rangel Nava, Z. E., Hernández-Martínez, C. A., Kawas-Garza, J. R., Hume, M. E., Herrera-Balandrano, D. D., & Méndez-Zamora, G. (2019). Inulina de agave y aceite de orégano mejoran la productividad de pollos de engorda. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*, 6(18). <https://doi.org/10.19136/era.a6n18.2197>

Savoldi, D. C., Mendonça, F. J., Vicenzi, B. G., Marchi, D. F., Marchi, J. F., Tonial, I. B., & Soares, A. L. (2021). Evaluation of traditional Brazilian sausage (linguiça calabresa) elaborated with oregano and basil extracts as natural antioxidants. *Semina: Ciências Agrárias*, 42(6SUPL2), 3757-3776.

Scheuermann, G. N., Bilgili, S. F., Hess, J. B., & Mulvaney, D. R. (2003). Breast Muscle Development In Commercial Broiler Chickens. *Poultry Science*, 82(10), 1648–1658.

Shang, Y., Rogiewicz, A., Patterson, R., Slominski, B. A., & Kim, W. K. (2015). The effect of phytase and fructooligosaccharide supplementation on growth performance, bone quality, and phosphorus utilization in broiler chickens. *Poultry Science*, 94(5), 955–964. <https://doi.org/10.3382/ps/pev044>

Sharma, H., Mendiratta, S. K., Agarwal, R., & Goswami, M. (2019). Optimization of Various Essential Oils and Their Effect on the Microbial and Sensory Attributes of Chicken Sausages. *Agricultural Research*, 8(3), 374–382. <https://doi.org/10.1007/s40003-018-0367-x>

Shiva, C., Bernal, S., Sauvain, M., Caldas, J., Kalinowski Juan, Falcón Néstor, & Rojas Rosario. (2012). valuación del aceite esencial de orégano (*Origanum vulgare*) y extracto deshidratado de jengibre (*Zingiber officinale*) como potenciales promotores de crecimiento en pollos de engorde. *Revista de Investigaciones Veterinarias Del Perú*, 23(2), 160–170.

SIAP. (2023). *Avance de la producción pecuaria por producto*. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera .

[http://infosiap.siap.gob.mx/repoAvance\\_siap\\_gb/pecAvanceProd.jsp](http://infosiap.siap.gob.mx/repoAvance_siap_gb/pecAvanceProd.jsp)

Silva-Vázquez, R., García-Macías, J. A., Durán-Meléndez, L. A., Hume, M. E., & Méndez-Zamora, G. (2016). Mexican oregano (*Lippia berlandieri* Schauer) oil on turkey slaughter quality. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*, 4(10), 177. <https://doi.org/10.19136/era.a4n10.742>

Simitzis, P. E., Symeon, G. K., Charismiadou, M. A., Bizelis, J. A., & Deligeorgis, S. G. (2010). The effects of dietary oregano oil supplementation on pig meat characteristics. *Meat Science*, 84(4), 670–676. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2009.11.001>

Sousa, S. C., Fragoso, S. P., Penna, C. R. A., Arcanjo, N. M. O., Silva, F. A. P., Ferreira, V. C. S., Barreto, M. D. S., & Araújo, Í. B. S. (2017). Quality parameters of frankfurter-type sausages with partial replacement of fat by hydrolyzed collagen. *LWT- Food Science and Technology*, 76, 320–325. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2016.06.034>

Symeon, G. K., Zintilas, C., Ayoutanti, A., Bizelis, J. A., & Deligeorgis, S. G. (2009). Effect of dietary oregano essential oil supplementation for an extensive fattening period on growth performance and breast meat quality of female medium-growing broilers. *Canadian Journal of Animal Science*, 89(3), 331–334.

Toledo Hijo, A. A. C., Da Costa, J. M. G., Silva, E. K., Azevedo, V. M., Yoshida, M. I., & Borges, S. V. (2015). Physical and thermal properties of oregano (*Origanum vulgare* L.) essential oil microparticles. *Journal of Food Process Engineering*, 38(1), 1–10. <https://doi.org/10.1111/jfpe.12120>

Villavicencio-Gutiérrez, E. E., Hernández-Ramos, A., & García-Cuevas, X. (2018). Estimación de la biomasa foliar seca de *Lippia graveolens* Kunth del sureste de Coahuila. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 9(45). <https://doi.org/10.29298/rmcf.v9i45.139>

Viuda-Martos, M., Ruiz-Navajas, Y., Fernández-López, J., & Pérez-Álvarez, J. A. (2010). Effect of orange dietary fibre, oregano essential oil and packaging conditions on shelf-life of bologna sausages. *Food Control*, 21(4), 436–443. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2009.07.004>

Yan, X., & Lei, Z. (2011). Silicon dioxide hollow microspheres with porous composite structure: Synthesis and characterization. *Journal of Colloid and Interface Science*, 362(2), 253–260. <https://doi.org/10.1016/j.jcis.2011.06.062>