



**Centro de Investigación en Alimentación y  
Desarrollo, A.C.**

**SUPLEMENTACIÓN DE ÁCIDO FERÚLICO EN CORDEROS  
PESADOS Y SU EFECTO SOBRE EL DESEMPEÑO  
PRODUCTIVO Y CALIDAD DE LA CARNE**

---

Por:

**Adrián Imanol Quintana Romandía**

TESIS APROBADA POR LA

COORDINACIÓN DE TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS DE ORIGEN ANIMAL

Como requisito para obtener el grado de

**MAESTRO EN CIENCIAS**

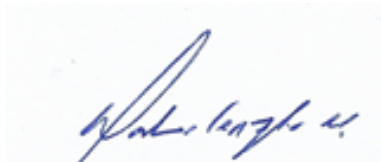
## APROBACIÓN

Los miembros del comité designado para la revisión de la tesis de Adrián Imanol Quintana Romandía la han encontrado satisfactoria y recomiendan que sea aceptada como requisito parcial para obtener el grado de Maestro en Ciencias.



---

Dr. Humberto González Ríos  
Director de tesis



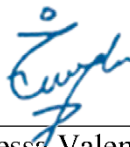
---

Dr. Martín Valenzuela Melendres  
Integrante del comité de tesis



---

Dra. Araceli Pinelli Saavedra  
Integrante del comité de tesis



---

Dra. Nidia Vanessa Valenzuela Grijalva  
Integrante del comité de tesis

## DECLARACIÓN INSTITUCIONAL

La información generada en la tesis “Suplementación de Ácido Ferúlico en Corderos Pesados y su Efecto sobre el Desempeño Productivo y Calidad de la Carne” es propiedad intelectual del Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A.C. (CIAD). Se permiten y agradecen las citas breves del material contenido en esta tesis sin permiso especial del autor, Adrián Imanol Quintana Romandía, siempre y cuando se dé crédito correspondiente. Para la reproducción parcial o total de la tesis con fines académicos, se deberá contar con la autorización escrita de quien ocupe la titularidad de la Dirección General del CIAD.

La publicación en comunicaciones científicas o de divulgación popular de los datos contenidos en esta tesis, deberá dar los créditos al CIAD, previa autorización escrita del manuscrito en cuestión del director(a) de tesis.



**CENTRO DE INVESTIGACIÓN EN  
ALIMENTACIÓN Y DESARROLLO, A.C.**  
Coordinación de Programas Académicos

Dr. Pablo Wong González  
Director General

## AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por otorgarme los recursos económicos durante el periodo de estudio en el posgrado de Maestría en ciencias.

Al Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A.C. (CIAD, A.C.) por brindarme la oportunidad con mis estudios a poder realizar la Maestría en Ciencias mediante el uso de sus instalaciones.

A cada uno de los investigadores que formaron parte de mi comité de tesis, por sus valiosos consejos durante el desarrollo de esta investigación: Dr. Humberto González Ríos, Dr. Martín Valenzuela Melendres, Dra. Araceli Pinelli Saavedra y Dra. Nidia Vanesa Valenzuela Grijalva.

Al Dr. Humberto González Ríos por haberme aceptado como parte de su equipo de trabajo y asesorado durante el periodo de tiempo que se requiere para concluir el programa de estudios, así como sus consejos, orientación, tiempo y dedicación para desarrollar y moldear habilidades en la investigación.

A la Dra. Nidia Vanesa Valenzuela Grijalva por motivarme a ingresar al programa de estudio, orientarme y aconsejarme cuando era necesario.

A la Q.B. Thalia Islava por su valioso tiempo durante la capacitación y desarrollo de técnicas de laboratorio que a pesar de estar en plena contingencia sanitaria por COVID hizo todo dentro de su alcance para concluir en tiempo las actividades programadas.

Al Dr. Alfonso García Galaz por orientarme, aconsejarme y estar presente en los momentos que pensé no podría seguir, aconsejarme, orientarme y tomarse el tiempo de explicarme temas que no dominaba.

A Ana Tánori por trabajar su paciencia durante la ejecución del experimento, su trabajo en equipo y su apoyo para el análisis y revisión de los datos obtenido.

## **DEDICATORIA**

Quiero dedicar este trabajo principalmente a mi familia por haberme motivado a ingresar cuando estaba en duda, darme consejos y estar para mí cuando más se necesitaba.

A mis papás por formarme como persona, motivarme a salir adelante y empujarme en los momentos que ni yo mismo creía en mí.

A mis fieles amigos que siempre están conmigo cuando se necesita de apoyo para seguir adelante, esos amigos que con el paso del tiempo se preocupan y ven por mí; Ricardo, Norberto, Juan de Dios y Federico.

A mis compañeros que se convirtieron en amigos, Cecilia, Ana Tánori, Nallely, Cynthia, Alejandro, Mario, Francisco.

A nuestros compañeros del grupo de investigación que nos dejaron en el camino, Dr. Juan Pedro Camou † y Ana Laura Flores †.

## CONTENIDO

<b>APROBACIÓN</b> .....	2
<b>DECLARACIÓN INSTITUCIONAL</b> .....	3
<b>AGRADECIMIENTOS</b> .....	4
<b>DEDICATORIA</b> .....	5
<b>CONTENIDO</b> .....	6
<b>LISTA DE CUADROS</b> .....	8
<b>RESUMEN</b> .....	9
<b>ABSTRACT</b> .....	10
<b>1. INTRODUCCIÓN</b> .....	11
<b>2. ANTECEDENTES</b> .....	13
2.1. Producción Ovina .....	13
2.2. Uso de Promotores de Crecimiento Animal en la Ganadería.....	14
2.2.1. Promotores De Crecimiento: Compuestos Anabólicos .....	15
2.2.2. Fitogénicos.....	16
2.2.3. Ácido Ferúlico .....	18
2.3. Parámetros de Calidad de la Carne Ovina.....	20
2.3.1. Calidad Fisicoquímica de la carne .....	22
2.3.1.1. Potencia del hidrógeno (pH). .....	22
2.3.1.2. Color.....	23
2.3.1.3. Capacidad de Retención de Agua (CRA).. .....	24
2.3.1.4. Textura.. .....	25
2.3.2. Calidad Química y Nutricional de la Carne.....	26
<b>3. HIPÓTESIS</b> .....	28
<b>4. OBJETIVOS</b> .....	29
4.1. Objetivo General	
4.1. Objetivos Particulares.....	29
<b>5. MATERIALES Y MÉTODOS</b> .....	30
5.1. Localización del Estudio .....	30
5.2. Animales y Tratamientos.....	30
5.3. Desempeño Productivo.....	31
5.4. Evaluación de la Calidad de la Canal .....	32
5.5. Evaluación de la Calidad de la Carne.....	33
5.5.1. Composición Química Proximal.....	33
5.6. Análisis Fisicoquímicos de la Carne Fresca.....	34
5.6.1. Textura. ....	34
5.6.2. Pérdida de Peso por Cocción (PPC). .....	34
5.6.3. pH.....	34

## CONTENIDO (continuación)

5.6.4. Color .....	35
5.6.5. Capacidad de retención de agua (CRA):.....	35
5.7. Determinación del Perfil de Ácidos Grasos .....	35
5.8. Análisis Estadístico .....	37
<b>6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>38</b>
6.1. Desempeño productivo .....	38
6.2. Calidad de Canal.....	40
6.3. Calidad Fisicoquímica .....	44
6.4. Composición Química .....	48
6.4.1 Análisis Proximal.....	48
6.4.2. Perfil de Ácidos Grasos .....	50
<b>7.CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>53</b>
<b>8.BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>54</b>

## LISTA DE CUADROS

Cuadro		Página
1	Clasificación de algunos factores que influyen en la calidad de la carne de corderos.....	21
2	Ingredientes y composición química de dietas experimentales ofrecidas a corderos en finalización.....	31
3	Desempeño productivo de corderos pesados suplementados con AF por 40 d en confinamiento.....	38
4	Características de calidad de la canal de corderos pesados suplementados con AF por 40 d en confinamiento.....	41
5	Rendimientos (%) de cortes primarios de corderos pesados suplementados con AF por 40 d en confinamiento.....	43
6	Calidad fisicoquímica del lomo ( <i>m. Longissimus thoracis</i> ) de corderos pesados en finalización, suplementados con ácido ferúlico.....	44
7	Análisis proximal de la carne de corderos pesados en finalización, suplementados con ácido ferúlico.....	48
8	Perfil lipídico de <i>m. Longissimus thoracis</i> de corderos pesados en finalización, suplementados con ácido ferúlico.....	52
9	Sumatorias de los ácidos grasos e índices nutricionales del <i>m. Longissimus thoracis</i> de corderos pesados en finalización, suplementados con ácido ferúlico.....	52



## RESUMEN

El consumo de carne de cordero en México se ha incrementado en años recientes, haciendo que los productores busquen nuevas tecnologías que incentiven la producción de corderos. Dentro de éstas, se encuentra el uso de fitoquímicos como posibles promotores del crecimiento animal. Recientemente se ha probado la suplementación dietaria de ácido ferúlico (AF) como promotor de crecimiento en distintas especies. En corderos livianos de razas de pelo, AF ha presentado resultados inconsistentes en el desempeño productivo al igual que en la calidad de carne, posiblemente debido al periodo corto de suplementación (30 d). Por lo anterior, este trabajo tuvo como objetivo evaluar el efecto de la suplementación de AF por 40 d en dietas de finalización, sobre el desempeño productivo, la calidad de la canal y la carne de corderos pesados en confinamiento. Se utilizaron 14 corderos de pelo de cruce comercial Kathadin x Pelibuey, con un peso vivo inicial de  $34.15 \pm 2$  kg, asignados aleatoriamente a uno de los dos siguientes tratamientos bajo un diseño completamente al azar, por un período de 40 d: T1) dieta basal alta en concentrado (DB) (Testigo, n=7), T2) DB + 300 mg de AF/kg alimento (AF, n=7). Se evaluó el desempeño productivo a través de la ganancia diaria de peso, consumo de alimento y conversión alimenticia. También se evaluaron las características de calidad de la canal, medidas zoométricas y rendimiento de cortes primarios; así como la calidad química y fisicoquímica, y nutrimental en el músculo *Longissimus thoracis*. El desempeño productivo y calidad de la canal no fueron mejorados por la suplementación del AF a los corderos ( $P > 0.05$ ). Así mismo, la composición química proximal y los parámetros fisicoquímicos de la carne no presentaron cambios por la adición de AF a la dieta ( $P > 0.05$ ). En el perfil lipídico, algunos ácidos grasos de menor proporción (C16:1, C17:0 y C20:2 n-6) fueron reducidos por la suplementación del AF ( $P < 0.05$ ). Se concluye que no se manifestó un efecto promotor de crecimiento del AF al ser suplementado en la dieta alta en concentrado de corderos pesados en confinamiento. Por tanto, en futuras investigaciones, se deberá evaluar diferentes dosis de AF a distintos pesos vivos de los animales.

**Palabras clave:** Corderos de pelo, ácido ferúlico, desempeño productivo, calidad de carne

## ABSTRACT

The lamb meat consumption in Mexico has increased in recent years, this has prompted producers to apply different technologies to enhance lamb production. Among these technologies are the use of phytochemicals as possible animal growth promoters. Dietary supplementation of ferulic acid (FA) has recently been studied as a growth promoter in different species. In light-weight-hair lambs, FA has presented inconsistent results on productive performance as well as meat quality in light-weight-lambs, possibly due to the short period (30 d) of supplementation. Therefore, this study aims to evaluate the effects of FA supplementation for 40 days in finishing diets on the productive performance, carcass and meat quality of heavy lambs in confinement. Fourteen commercial crossbreed Kathadin x Pelibuey hair lambs were used, with an initial live weight of  $34.15 \pm 2$ kg, and randomly assigned to one of the following two treatments, for a period of 40 days: T1) High-concentrate basal diet (BD) (Control, n = 7), T2) BD + 300 mg of ferulic acid /kg feed (FA, n = 7). Productive performance was evaluated through average daily gain, feed intake and feed conversion. The carcass quality characteristics, zoometric measurements and yielding of primary cuts were also evaluated. The chemical and physicochemical quality and nutritional of the meat were evaluated in the *Longissimus thoracis* muscle. The feedlot performance and carcass quality were not improved by the FA supplementation to the lambs ( $P > 0.05$ ). Likewise, the proximate composition and the physicochemical parameters of the meat did not show changes with the addition of FA to the diet ( $P > 0.05$ ). In the fatty acid profile, some fatty acids of a lower proportion (C16: 1, C17: 0 and C20: 2 n-6) were reduced by the FA supplementation ( $P < 0.05$ ). In conclusion, FA did not show effect as a growth promoter in heavy lambs under confinement. Therefore, Therefore, in future research, different doses of FA should be evaluated at different live weights of the animals.

**Keywords:** hair lambs, ferulic acid, feedlot performance, meat quality

## 1. INTRODUCCIÓN

La producción mundial de carnes rojas se ha incrementado a través de los años con la finalidad de satisfacer el incremento en la demanda por parte de los consumidores. Este incremento es gracias a la implementación de varias estrategias tecnológicas, como son el mejoramiento genético de las especies y razas, implementación de programas sanitarios, y mejoras en el sistema de alimentación (Mazhangara *et al.*, 2019; Michalk *et al.*, 2019).

El sistema de alimentación animal representa alrededor del 70 al 80% de los costos de producción, por lo cual los productores ponen especial atención en reducirlos a través de diversas estrategias para mejorar el comportamiento productivo de los animales. Estas incluyen el uso de ingredientes en diferentes proporciones en dietas balanceadas de acuerdo a la etapa productiva del animal, además de la búsqueda e implementación de ingredientes alternativos como los residuos agroindustriales, y la utilización de promotores del crecimiento animal (PCA) (Cannas *et al.*, 2019; Parr *et al.*, 2016).

Los PCA son sustancias químicas sintéticas o naturales que son suministrados a los animales en forma oral en la dieta, vía intramuscular o como implantes subcutáneos. Dentro de ellos se incluyen a los implantes anabólicos, los ionóforos, antibióticos, prebióticos, y los agentes  $\beta$ -agonistas adrenérgicos ( $\beta$ -AA); los cuales se suministran a los animales de interés comercial para la producción de carne con la finalidad de aumentar el peso diario en un menor tiempo y mejorar el rendimiento magro (López-Carlos, 2010).

Los PCA comúnmente empleados y más eficientes en la engorda intensiva en corral son los implantes anabólicos y los  $\beta$ -AA, empleados en bovinos, mientras que en producción porcina se utilizan solo los últimos, logrando obtener un mayor rendimiento, y por ende mayores beneficios económicos (González Rios *et al.*, 2012; Hope-Jones *et al.*, 2012). Sin embargo, aún cuando se han encontrado varios beneficios, el uso de PCA de tipo sintético se ha asociado a un detrimento en la calidad de la carne. Dentro de estos efectos, se ha reportado un aumento en la dureza de la carne, disminución en los atributos sensoriales y pérdida del color rojo característico, lo que implica un posible rechazo del consumidor (Avendaño-Reyes *et al.*, 2006; Kett, 2018). Así mismo, con el uso de  $\beta$ -AA, al emplear dosis altas no permitidas y el tiempo de exposición, pueden quedar residuos en la carne y vísceras, que implican un riesgo para el consumidor. Se han reportado reacciones

adversas como temblores musculares, dolor de cabeza, vómito, náuseas y fiebre al consumir vísceras provenientes de animales que fueron suplementados con estos compuestos (Johnson *et al.*, 2014; Vahedi *et al.*, 2016).

En base a la problemática anterior, el sector pecuario y la industria de la carne, han buscado alternativas naturales a los PCA tradicionales. Es así que en años recientes, se han probado e implementado en producción animal diversos compuestos fitoquímicos con la finalidad de promover el crecimiento animal, además de aprovechar sus propiedades biológicas como agentes antioxidantes y antimicrobianos que poseen este tipo de compuestos naturales con el fin de mejorar la salud animal, así como de prolongar la vida útil de la carne y sus productos (Velasco & Williams, 2011). Dentro de los fitoquímicos, se encuentran los compuestos denominados fitogénicos los cuales son metabolitos secundarios de las plantas que pueden incluir desde un conjunto de compuestos tales como aceites esenciales, hierbas, compuestos fenólicos y aislados de aceites esenciales como el eugenol y cinamaldehído (Benchaar *et al.*, 2008; Cardozo *et al.*, 2006; García-González *et al.*, 2006). En el mercado ya se encuentran algunos productos fitogénicos, que se vienen utilizando principalmente en monogástricos, por ejemplo, el producto Digestarom el cual se comercializa para su uso en cerdos, y es una mezcla de aceites esenciales de cebolla, ajo, hinojo, menta, anís, clavo y cítricos que contienen carvacrol, timol, anetol y limoneno.

Dentro de estos compuestos fitogénicos, se encuentra el ácido ferúlico (AF), el cuál en estudios previos, se ha encontrado que al ser suplementados por un periodo de 30 días (dosis de 50 a 300 ppm) en la dieta de cerdos, bovinos y ovinos, mejora el comportamiento productivo de los animales y algunas características de calidad de la carne fresca (González-Noriega, 2016; Valenzuela-Grijalva *et al.*, 2017, Peña-Torres, 2019). En el caso de corderos de pelo en finalización, se ha observado un mejor desempeño productivo cuando se ha empleado una dosis de 300 ppm de AF (Peña-Torres, 2019, Valadez-García *et al.*, 2021). Sin embargo, los efectos sobre la calidad de la carne (color, reducción de la oxidación lipídica) han sido inconsistentes, por lo que posiblemente mejores y consistentes beneficios en la calidad de la carne, sean observados con una suplementación más prolongada a la ya probada. Por lo anterior, el objetivo del presente estudio fue evaluar el efecto de la suplementación de AF por 40 d a corderos de pelo pesados bajo alimentación intensiva sobre su desempeño productivo y calidad de la canal y la carne.

## 2. ANTECEDENTES

### 2.1. Producción Ovina

La producción de corderos se ha incrementado los últimos 20 años, derivado de la demanda del consumidor por obtener alimentos saludables con un alto contenido de proteína. Se ha reportado una producción mundial de 14 millones de toneladas de carne de cordero por año y se espera que para el año 2023 aumente un 19%. Este incremento internacional de la carne de cordero, se debe a las características nutricionales que presenta comparado con otras carnes rojas, como el contenido de grasa total, ácidos grasos saturados, así como de colesterol. Los países que han reportado mayor producción de carne de cordero son China, Nueva Zelanda, Australia y Turquía colocándose México en el lugar número 34 dentro de la producción mundial (Mazhangara *et al.*, 2019; Michalk *et al.*, 2019).

La FAO estima que para el año 2026 el consumo de carne de cordero a nivel mundial llegará a 2.1 kg *per cápita*, siendo China el mayor consumidor. Para lograr cumplir con esta demanda de carne, la producción ovina se ha venido adaptado a distintos sistemas de producción, alimentación, a las áreas geográficas y la genética (cruce de razas), considerando su adaptabilidad y características de producción de carne (Cannas *et al.*, 2019). En nuestro país, la carne de cordero alcanza un consumo nacional aproximado de 1 kg *per cápita*. La producción y consumo de carne de ovinos se ha concentrado principalmente en el centro y sur del país, con un incremento del 20% en los últimos 10 años (SIAP-SADER, 2018).

La producción ovina tiene algunas ventajas en comparación de los bovinos, como son la tolerancia a condiciones climáticas y áridas con baja disponibilidad de alimento, menor inversión de tiempo y recursos necesarios para alcanzar su peso de venta (Pérez *et al.*, 2020). Sin embargo, la producción de corderos a nivel nacional se encuentra condicionada por las mismas ventajas, ya que ha requerido realizar cruzamientos de razas para probar una mejor adaptación a cierta zona geográfica o del sistema de producción, limitando su productividad. Por ejemplo, en el año 2018 se produjeron 62,939 toneladas de carne de cordero (SIAP-SADER, 2018), las cuales no fueron suficientes para cubrir la demanda nacional, requiriéndose importar 45% del total de la producción

(Vázquez-Martínez *et al.*, 2018). Debido a esto, continuamente se buscan estrategias que ayuden a lograr una mejora del sistema e incentivar la producción ovina.

## 2.2. Uso de Promotores de Crecimiento Animal en la Ganadería

El crecimiento de la producción de carne de cordero ha sido lento en comparación con la producción de otras carnes rojas. Debido a esto se requiere mejorar la productividad animal haciéndose uso de promotores de crecimiento, ya que éstos permiten disminuir el tiempo de producción con mayor ganancia de peso, al consumir menor cantidad de alimento (González Ríos *et al.*, 2012).

Un promotor de crecimiento animal (PCA) se define como toda sustancia capaz de aumentar la velocidad de crecimiento, mejorar la conversión alimenticia, disminuyendo el consumo de alimento o disminuyendo la mortalidad y morbilidad en animales de producción. Además, algunos son capaces de controlar la población microbiana del intestino ayudando a que no se gaste energía y proteínas por parte de microorganismos no deseados (Carranza, 2015; Puls *et al.*, 2019; Rosas, 2014).

Algunos de los beneficios que genera el uso de los PCA son el aumento de la masa muscular, disminución en la deposición de grasa, junto con la redirección de la energía de la grasa corporal hacia al crecimiento muscular. Sin embargo, además de afectar el recambio de proteínas para aumentar la acumulación de las mismas, también tienen efectos sobre el metabolismo energético (Martínez, 2020; Parr *et al.*, 2016).

Los PCA presentan diferentes modos acción dependiendo de la especie en donde se utilicen puesto que esto influye en algunas funciones metabólicas. Por ejemplo, en rumiantes, algunos aditivos como ionóforos, probióticos, prebióticos, antibióticos y aceites o extractos de plantas, pueden modificar la microbiota intestinal o la fermentación ruminal, cambiando la población de microorganismos en el rumen o aumentando la proteína microbiana, provocando un mejor aprovechamiento de la energía animal (Flachowsky & Lebzien., 2012; Peña-Torres, 2019).

Algunos PCA que han sido utilizados pertenecen a un grupo específico de antibióticos, aunque en años más recientes han sido empleados los compuestos anabolizantes, debido a que se inició con

la prohibición de los antibióticos con efecto PCA en muchos países (Brown *et al.*, 2017; González & Ángeles, 2017; Parr *et al.*, 2016). En el caso de los compuestos anabolizantes, estos pueden ser implantes hormonales de acción prolongada o aditivos alimentarios con efecto a nivel hormonal. Estos compuestos son de orden natural o sintético (Peña *et al.*, 2019).

### **2.2.1. Promotores de Crecimiento: Compuestos Anabólicos**

Se conoce como compuestos anabólicos a los mensajeros químicos que desencadenan cascadas metabólicas en la célula para inhibir la formación de grasa, promover la lipólisis y a su vez la síntesis de proteína. Algunos de los compuestos anabólicos más conocidos y estudiados son la hormona del crecimiento, estilbenos, xenobióticos no estilbenos, esteroides y  $\beta$ -agonistas adrenérgicos ( $\beta$ -AA), siendo estos últimos los más empleados en los últimos años en la producción intensiva de carne (Aguilera *et al.*, 2018).

Los  $\beta$ -AA permitidos y más utilizados en la industria ganadera son el clorhidrato de zilpaterol (CZ) y el clorhidrato de ractopamina (CR). Al usar CZ en la dieta de corderos y bovinos en un periodo de tiempo de 30 a 40 d antes del sacrificio se presentan efectos beneficiosos para el sistema de producción (aumento en la ganancia diaria de peso, eficiencia alimenticia, peso de la canal caliente e incremento del músculo *Longissimus thoracis et lumborum*) (Cayetano-De-Jesus *et al.*, 2020).

Aun cuando los promotores de crecimiento han demostrado incrementar la ganancia diaria de peso (GDP) hasta en un 30%, también se han encontrado efectos adversos sobre la calidad de la carne. Uno de los efectos de mayor importancia es la disminución de la terneza al suplementar al ganado con altas dosis de trembolona (300 mg) y estradiol (>14 mg), así como con la administración de CZ. También se ha encontrado un deterioro en el color de la carne. En este sentido, se ha observado una pérdida del color rojo cereza de la carne de res y la disminución de los depósitos de grasa intramuscular cuando los animales fueron suplementados con CZ (Avendaño-Reyes *et al.*, 2006). Aunado a lo anterior, otro de los efectos de sumo interés es que puede haber un riesgo por intoxicación del consumidor, debido a los residuos de los compuestos sintéticos presentes en la carne de animales que fueron administrados durante su alimentación.

Existe una tendencia por buscar aditivos alimenticios naturales que promuevan el crecimiento

animal, sin comprometer la calidad de la carne, el rendimiento de la canal y la aceptación por parte de los consumidores, ya que los PCA de tipo sintético que se han venido utilizando, como los  $\beta$ -AA, si han presentado afectación en estas características. Adicional a esto, el *Codex Alimentarius* menciona que el uso de promotores sintéticos no está permitido en algunos países. La Unión Europea ha prohibido la administración de PCA de tipo sintético para estimular el desarrollo animal. Incluso, el abuso de estas sustancias puede causar afección al bienestar animal. Debido a esto, una de las alternativas son los compuestos fitogénicos, los cuales se siguen investigando para buscar estos efectos benéficos en la producción animal (Martínez, 2019; Mader & Arias, 2016).

### **2.2.2. Fitogénicos**

Debido a la preocupación del consumidor por el uso de productos sintéticos para la producción animal y los efectos secundarios que pudieran presentarse en el humano por sus características residuales, a nivel internacional se implementaron restricciones para su uso, con lo cual nació una tendencia por el uso de alternativas naturales en la producción animal, tal es el caso del empleo de probióticos, prebióticos, acidificantes, enzimas, extractos de plantas y nutraceuticos (Flores *et al.*, 2020; Valenzuela-Grijalva *et al.*, 2017). Sin embargo, los más estudiados recientemente son los extractos de plantas conocidos como fitoquímicos.

Los fitoquímicos son metabolitos secundarios de las plantas que pueden ser extraídos a través de diferentes métodos. Estos extractos están compuestos por más de cien componentes individuales y en dos formas diferentes: aceite líquido y polvo sólido. Los extractos de plantas son de interés potencial debido a sus posibles funciones biológicas, como los efectos antivirales, antimicrobianos, antioxidantes y antiinflamatorios; pueden mejorar la salud animal a través de varios mecanismos, como la supresión directa de la proliferación de patógenos, la alteración de las poblaciones microbianas intestinales y la mejora de las funciones inmunes. La mayoría de los fitoquímicos son derivados de isoprenos, flavonoides y glucosinolatos (Celia *et al.*, 2016; Liu *et al.*, 2018).

Los compuestos químicos presentes en las plantas como parte de sus actividades metabólicas normales, se dividen en compuestos primarios (azúcares y aceites) y compuestos secundarios (fitoquímicos) de bajo peso molecular que les ayudan a prevenir el estrés fisiológico y ambiental



(Liu *et al.*, 2018). Estos últimos compuestos, cubren una amplia gama de actividades y algunas se han asociado con mejoras en el rendimiento animal y una mayor disponibilidad de nutrientes cuando son suministrados en la dieta.

Los fitoquímicos más estudiados son los aceites esenciales, están formados básicamente por dos clases de compuestos, los terpenoides (timol, carvacol y pineno) que tienen la característica de presentar una estructura básica de cinco carbonos y los feniloprenos (cinamaldehído y eugenol) que se derivan de la fenilalanina con una cadena de tres átomos de carbono unidos a un anillo aromático de seis átomos de carbono (Aillón, 2018). Los fitoquímicos que tienen funcionalidad como promotor de crecimiento, se les conoce como fitogénicos.

El uso de fitogénicos en la producción animal ha provisto de un mejor estado de salud animal, estimulando también funciones biológicas teniendo como resultado mejor rendimiento del crecimiento. El uso de éstos en rumiantes ha mejorado la asimilación de nutrientes y estimulan la respuesta antioxidante; además, algunos compuestos poseen un efecto antiinflamatorio, entre otras características. Se ha mencionado que estas cualidades pueden ayudar al organismo ya que con el efecto antioxidante se protege a las células del exceso de radicales libres, mientras que con el efecto antiinflamatorio se detiene el alto consumo o gasto de ATP (Favaretto *et al.*, 2020).

Se han realizado estudios para establecer cuál es el efecto de los fitogénicos en la alimentación animal, principalmente estudios realizados en rumiantes; sin embargo, la mayoría de estos se han realizado a nivel laboratorio (*in vitro*) en los que se ha tratado de demostrar el potencial para mejorar el uso de la energía proveniente del alimento en rumiantes teniendo como principal objetivo el aprovechamiento del nitrógeno y la energía a nivel ruminal (Dey *et al.*, 2017, Amanzougarene *et al.*, 2017; Da Silva *et al.*, 2017).

Coelho *et al.* (2020) utilizaron extracto de mezquite (*Prosopis juliflora* (Sw.)) el cual contiene alcaloides, esteroides, taninos condensados y terpenoides, en la alimentación de corderos cruce Santa Inés x Dorper en dosis de 6 mL/d a una concentración de 600 mg/mL por 84 d. El extracto ocasionó un aumento en la ingesta de materia seca, ingesta de proteína cruda, digestibilidad de materia seca y orgánica, así como la digestibilidad de los nutrientes; al igual que aumentó el peso final, GDP, peso de la canal caliente, peso del lomo y la pierna. Los autores propusieron que el extracto influyó positivamente en el balance de nitrógeno, aumentando la síntesis de proteína microbiana y como consecuencia aumentó el flujo de esta al intestino delgado, que a la vez tuvo mayor digestibilidad de la proteína cruda, materia seca y la materia orgánica.

### 2.2.3. Ácido Ferúlico

El ácido ferúlico (AF) es uno de los compuestos con características fitogénicas recientemente estudiado. El AF es un derivado del ácido cinámico (4-hidroxi-3-metoxicinámico), compuesto polifenólico encontrado de manera abundante en la pared celular vegetal y de forma soluble en el citoplasma (Wang *et al.*, 2019), pertenece a los compuestos fenólicos y se encuentra principalmente en frutas, verduras, cereales y hierbas. Debido a su estructura química se le atribuyen varias propiedades biológicas como antioxidante, antimicrobiano, acción vasodilatador e inmunomodulador. El AF presenta una importante capacidad de inhibir la generación de productos de la oxidación como peróxidos, radicales hidroxilos y radicales libres de dióxido de nitrógeno. Esta actividad antioxidante además de proteger el deterioro de las grasas, puede prevenir enfermedades inducidas por radicales libres, como el cáncer y arterioesclerosis e inclusive la degeneración por la edad, por lo cual, algunos autores sugieren que posiblemente el AF puede actuar sobre estos padecimientos (Kikuzaki *et al.*, 2002; Ou y Kwok, 2004; Dawood *et al.*, 2020; Wang *et al.*, 2019).

Chang *et al.* (1993), investigaron la farmacocinética del AF libre en ratas hembras y se observó que el compuesto no entró en la circulación enterohepática. Los autores concluyeron que el efecto quimiopreventivo de AF en la carcinogénesis de colon obedece en gran medida de la ingestión de AF unido en la pared celular de los vegetales, donde llega a colon y se libera parcialmente por acción de los microorganismos del mismo. El AF que es absorbido está presente en la circulación en forma glicosilada y es excretado por la orina o bilis (Ou y Kwok, 2004).

Es importante enfatizar que el AF ligado a los polisacáridos de la pared celular de vegetales no puede ser absorbido directamente por el tracto gastrointestinal, por lo tanto, es necesaria la presencia de esterasas microbianas que provoquen la liberación de AF y otros compuestos hidroxicinámicos, y así posteriormente poder llegar al sistema circulatorio (Bourne y Rice-Evans, 1998; Kroon *et al.*, 1997; Virgili *et al.*, 2000). Finalmente se puede afirmar que el AF se absorbe en el tracto digestivo y se metaboliza de diferentes formas. La variedad de metabolitos y sus proporciones serán dependientes de factores como, dosis, la vía de administración y de las especies animales.

Al adicionar AF en la dieta de rumiantes, es absorbido rápidamente por el rumen estando disponible

en sangre para ser transportado por las proteínas plasmáticas en el torrente sanguíneo hacia los tejidos periféricos (Soberon, 2012). Se ha propuesto reemplazar los compuestos  $\beta$ -AA por fitoquímicos como el AF, lo cual está basado principalmente en dos estudios que concluyen que el AF posiblemente interactúa con los receptores  $\beta$  de la membrana celular, produciendo un efecto similar a las catecolaminas (Gorewit, 1983; Platt & Johnson, 2012), lo cual sugiere que pueden ser utilizados como alternativa natural para la promoción del crecimiento animal (Li *et al.*, 2015; Macías-Cruz *et al.*, 2014; Saeed *et al.*, 2019).

Algunos investigadores se han enfocado en utilizar AF como promotor de crecimiento y poder así determinar cuáles son los beneficios que puede provocar desde producción y comportamiento productivo, así como en las características de la carne obtenida a partir de los animales suplementados con este compuesto. Sin embargo, la información del uso de este compuesto como PCA es muy limitado. Por ejemplo, Li *et al.* (2015) realizaron un estudio para determinar el efecto antioxidante en canal y carne de cerdos en fase de engorda utilizando una dosis de 100 mg/kg, determinando que tuvo efecto benéfico en pH de la canal y se vio disminuido el total de malonaldehído (0.059 mg/g) en comparación con el tratamiento testigo (0.091 mg/kg).

A su vez, González-Ríos *et al.* (2016) evaluaron la calidad de la carne de bovino utilizando dosis de suplementación dietaria de AF de 6 mg/kg de peso vivo con dos periodos de tiempo (30 y 60 d antes de sacrificio) y reportaron que con el uso de AF en un periodo de tiempo corto disminuía la fuerza al corte al igual que la pérdida por cocción, hubo mayor jugosidad e intensidad de sabor de la carne; por otro lado, con la suplementación por 60 d, hubo una mayor oxidación de la carne. En otro estudio, Wang *et al.* (2019) evaluaron el comportamiento productivo en corderos utilizando dosis de AF de 80, 400 y 2000 mg/kg de alimento, reportando que con la dosis menor puede obtenerse un crecimiento más rápido y puede disminuir el estrés oxidativo. Además, en otro estudio se demostró un aumento de la masa magra y disminución del porcentaje de grasa intramuscular en novillos suplementados con 250 ppm de AF (Serna, 2012).

Con respecto al uso de AF en ovinos no se tiene un efecto certero debido a que los resultados que se han presentado han sido contrastantes. Por ejemplo, Macías-Cruz *et al.* (2014) utilizando dosis de 300 mg/día no reportó efectos significativos en comportamiento productivo o calidad de la carne; mientras que en otro estudio reciente (Valadez-García *et al.*, 2021) reportaron que con dosis de 250 mg/día, mejoró el crecimiento y la eficiencia alimenticia cuando los animales estaban expuestos a estrés calórico, al disminuir la temperatura corporal al igual que el estrés oxidativo se

presentó lipogénesis cambiando la ganancia de peso y se presentó deposición de grasa intramuscular.

Por otra parte, Peña (2019) encontró una mejora moderada en el comportamiento productivo de ovinos al ser suplementados con AF (300 y 600 mg/día) respecto a los que no fueron suplementados. Estos efectos, pueden deberse según la literatura, a que los compuestos fitogénicos como el AF, pueden actuar a través de dos mecanismos propuestos. Uno de ellos tiene que ver con una hipertrofia muscular, dada por un incremento en la síntesis de proteína muscular, debido a un reconocimiento que tienen estos compuestos fitogénicos a nivel de membrana celular por los receptores  $\beta$ , tal como sucede con los promotores de crecimiento de tipo anabolizante. Por otro lado, el segundo mecanismo propuesto es que estas mejoras se deban a una modificación en la fermentación ruminal (para el caso de los rumiantes) hacia una microbiota favorable para la producción de ácido propiónico, lo cual se refleja en el comportamiento productivo del animal (Valenzuela-Grijalva *et al.*, 2017; Peña *et al.*, 2019).

Como se mencionó anteriormente, existe variabilidad en los resultados obtenidos del uso de AF como PCA en cerdos, bovinos y ovinos; así como con las dosis y la longitud del periodo de suplementación. Nuestro grupo de investigación de Ciencia y Tecnología de la Carne del Centro de Investigación en Alimentación (CIAD) ha realizado algunos estudios, obteniendo resultados variables entre especies; en el caso particular de ovinos, los estudios realizados por nuestro grupo y otros investigadores, han suplementado el AF en corderos recién destetados o con pesos vivos (25 a 35 kg) representativos de una etapa media de su curva de crecimiento, por lo que el presente estudio propone utilizar corderos de pelo con un mayor peso vivo (35 a 40 kg, etapa final de su curva de crecimiento) y suplementarlos con AF por un período mayor (40 días) a los ya probados, a fin de poder encontrar mejores efectos a los observados en comportamiento productivo, calidad de la canal y de la carne.

### 2.3. Parámetros de Calidad de la Carne Ovina

La definición de calidad es muy compleja, ya que puede referirse al conjunto de características sensoriales y tecnológicas, así como toxicológicas y nutritivas; y ha adquirido una gran importancia en los últimos años, principalmente debido al impacto de las relaciones cuantitativas y cualitativas

del valor del producto (Okrouhlá *et al.*, 2009; Ramírez-Rojo *et al.*, 2018). Para los productores la calidad de carne es la forma y tamaño de los cortes primarios, el color de carne y grasa; mientras que para el consumidor, la calidad de la carne es blandura y atributos que se aprecian a la vista como apariencia, color y marmoleo (Zazueta, 2016).

Hoy en día se pueden encontrar muchas definiciones de calidad, pero se debe entender que una carne de buena calidad tiene que ser natural y proveniente de animales sanos alejados de problemas sanitarios (Banović *et al.*, 2009). El bienestar animal, la forma de producción y el manejo en la explotación del ganado son algunos de los principales factores que influyen en la calidad e inocuidad del producto final (Ciria, 2000; Touraille, 1991). Dentro de los principales grupos de características o atributos que definen la calidad de la carne, se encuentra su calidad química, fisicoquímica, su calidad organoléptica y microbiológica, entre otros (Faustman *et al.*, 2010). Las variables químicas, fisicoquímicas y sensoriales de mayor relevancia desde el punto de vista tecnológico y de importancia para el consumidor, se encuentra el color, pH, textura, sabor, contenido de grasa y perfil de ácidos grasos (Pérez, 2019).

Los corderos tienden a resistir periodos cortos de hambre, así como la desnutrición, lo cual además puede provocar estrés, presentando cambios mínimos en la química del músculo y cualidades de la carne (Bray *et al.*, 1989). En el Cuadro 1, se enlistan algunas variables y factores que determinan o se asocian con algunos parámetros de calidad de la carne ovina. Dentro de estos factores se ha relacionado fuertemente la edad con el peso de los corderos, siendo los corderos jóvenes los que presentan mejor terneza, jugosidad y sabor (Sañudo *et al.*, 1998).

Cuadro 1. Clasificación de algunos factores que influyen en la calidad de la carne de corderos

Sensoriales	Nutricionales	Higiénicos	Tecnológicos
Color	Proteínas	Bacterias	Estructura
Olor	Aminoácidos	Esporas	Textura
Grasocidad	Composición de la grasa	Hongos	Composición química
Sabor	Vitaminas	Residuos	Viscosidad
Aroma	Minerales	Actividad de agua	Color
Terneza	Digestibilidad	Toxinas	Estado grasa
Jugosidad			Tejido conjuntivo
			pH

Fuente: Extraído de calidad de la canal y carne de corderos f1 katahdín x pelibuey alimentados con forraje y concentrado, Tecnológico Nacional de México, 2019.

A continuación, se describen de manera general la calidad fisicoquímica y química de la carne ovina, por ser los grupos de variables que serán evaluadas en la presente investigación.

### **2.3.1. Calidad Fisicoquímica de la Carne**

2.3.1.1 Potencial del hidrógeno (pH). El pH de la carne es el factor principal que determina la calidad de la carne, a partir de éste se puede afectar el color, olor y textura, además de afectar también la capacidad de retención de agua (CRA). El pH va a depender directamente de la cantidad de energía disponible en el músculo en forma de glucógeno, esto se puede ver afectado por diferentes factores previos al sacrificio.

Cuando el pH final (24 horas *postmortem*) de la carne se mantiene entre valores de 5.5 y 5.8, se presentan características de carne más tierna, jugosa y con una mayor CRA. Si el pH de la carne fresca está por debajo de este rango, puede presentarse una carne PSE (pálido, suave y exudativo), así como a un pH mayor a 6 puede presentarse una carne OFS (oscura, firme y seca) (Cayetano-De-Jesus, 2021; Zazueta, 2016).

Se ha planteado que el pH es una de las características más variable en la calidad de la carne, lo cual puede ser principalmente por la raza o el genotipo. En estudios realizados utilizando cruza de corderos, se determinó que el efecto del pH elevado puede ocasionar una carne de color oscuro, ser menos tierna, de sabor fuerte y disminuir su vida de anaquel. Es importante destacar que esto puede ocasionar el desagrado del consumidor al presentar un olor indeseable al cocinarse, así como su sabor (Hopkins *et al.*, 2005, 2007; Pethick *et al.*, 2005).

Dentro de los factores que pueden afectar el pH en corderos se ha reportado que puede ser la raza, sexo, peso al sacrificio, estrés *antemortem* y el tiempo de transporte previo al sacrificio. Sin embargo, el valor de pH también será variante dependiendo del músculo donde se mida, por ejemplo, en el *m. Longissimus thoracis* se ha reportado de 5.8 a 6.3 y en los músculos de la pierna (*Semitendinosus* y *Biceps femoris*) fue menor de 5.8 (Libián-Jiménez *et al.*, 2015; McGeehin *et al.*, 2001).

Como ya se mencionó, el pH está relacionado directamente con la mayoría de las características de calidad de la carne, por eso se busca a través de ciertos cuidados previos al sacrificio y durante la

refrigeración de las canales, para que se logre tener valores de 5.6 – 5.9 a las 24 h *postmortem*, a fin de que la carne presente mejor color y terneza. Para poder obtener este rango de valores es necesario cuidar todo tipo de factores ambientales (corrales de descanso frescos y limpios) y de manejo (tiempo de descanso, evitar ruidos y arreo excesivo de los animales) previo a su sacrificio, y durante las primeras horas post-sacrificio mantener un rango intermedio de glicolisis, para ello se ha implementado el uso de estimulación eléctrica de las canales y un estricto control en la disminución de temperatura de la canal en las cámaras de refrigeración (McGeehin *et al.*, 2001; Thompson *et al.*, 2005).

2.3.1.2 Color. El color de la carne es el principal factor que el consumidor considera al momento de decidir la compra, ya que es el único que se puede apreciar a simple vista y para lo cual busca de manera particular un color específico que se cree pueda verse relacionado entre color y carne fresca (reciente) aunque se ha comprobado que puede haber carne oscura sin presentar mal sabor. Éste varía según la especie, por ejemplo, la carne de bovinos es oscura y en la carne de cerdo es más pálida; mientras que en la carne de ovino es más oscura que la de cerdo y parecida al color de la de res. La coloración de la carne depende de distintos pigmentos, siendo el de mayor importancia la mioglobina que al oxidarse da lugar a un compuesto denominado metamioglobina.

La mioglobina es capaz de fijar oxígeno por su estructura, la cual tiene un complejo bivalente de hierro fijado a cuatro anillos de porfirina y al mismo tiempo fijado a globulina. Puede fijar oxígeno molecular como óxido nítrico como sexto ligando. Después de un tiempo, la oximioglobina de un color rojo intenso puede transformarse en metamioglobina, de color marrón, por oxidación del átomo de hierro central (Baltes, 2007)

La oxidación de la mioglobina (Mb) está estrechamente relacionada con el pH del músculo puesto que al presentarse una acidificación paulatina permitirá que el grado de asociación de la mioglobina con el oxígeno sea mayor; así mismo, también es de relevancia el grado de actividad que tenga el músculo, relacionando que entre mayor actividad tenga será mayor la cantidad de mioglobina y carne más oscura. Aunque no solo depende del pH, también se puede ver afectado por factores inherentes como la raza, el sexo y la edad al sacrificio al contar con variaciones en la cantidad de mioglobina presente en los músculos (Cayetano-De-Jesus, 2021).

Sobre la coloración roja influye directamente la cantidad de mioglobina que al irse oxidando y

aumentar la cantidad de Mb se torna en color marrón. Sin embargo, la oxidación de la mioglobina no es la única que afecta la coloración de la carne, también la oxidación lipídica juega un papel importante. Al presentar suficiente cantidad de energía (ATP) en el músculo previo al sacrificio se presenta menor oxidación lipídica manteniendo una tonalidad rojo-rosado. La oxidación lipídica afecta directamente la coloración de la carne, debido a la formación de radicales libres que a su vez desencadenan la oxidación hemínica o indirectamente en la reducción de los pigmentos, aunque también se ha comprobado que la oxidación de los pigmentos también puede actuar como catalizador de la oxidación lipídica (Cayetano-De-Jesus, 2021; Pérez, 2019; Zazueta, 2016).

En ovinos como en las otras especies productivas, la coloración depende de factores endógenos y exógenos. En los factores endógenos se encuentran la raza, edad al sacrificio y el tipo de músculo y su actividad motora; en los exógenos se encuentran principalmente, el sistema de alimentación (extensivo e intensivo) así como el estrés *antermortem*. En estudios realizados se determinó que en corderos conforme aumenta el peso y la edad al sacrificio, el valor  $a^*$  (tendencia al rojo) se vuelve más intenso y disminuye la luminosidad ( $L^*$ ). Se ha reportado que se presentan valores mayores de  $L^*$  y  $b^*$  (tendencia al amarillo claro) en corderos productores de lana, mientras que se pueden presentar valores de  $a^*$  mayores en corderos productores de pelo. En cambio, si se adiciona CZ en dieta este puede disminuir el valor  $a^*$  (Hernández-Cruz *et al.*, 2009; Libián-Jiménez *et al.*, 2015; Vergara *et al.*, 1999)

2.3.1.3 Capacidad de Retención de Agua (CRA). Hann (1960) y Sañudo *et al.* (1992) definen CRA como capacidad de la carne para retener el agua que ella misma contiene (libre o inmovilizada) durante la aplicación de fuerzas externas (corte, calentamiento, trituración y prensado). Este parámetro está directamente relacionado con la jugosidad, así cuando el alimento tiene un alto nivel de CRA, es jugoso y es calificado con una alta puntuación en el análisis sensorial, cuando se cuenta con un nivel bajo de CRA la pérdida de humedad es mayor y por ende la pérdida de peso durante el almacenamiento (merma) teniendo esto un efecto adverso en el valor unitario al consumidor y/o pérdidas económicas del sector demeritando también la calidad del producto (Banovic *et al.*, 2009; Lawrie, 1998).

La CRA se puede evaluar regularmente a través de la pérdida por goteo, el cual es el agua que pierde la carne como consecuencia de la fuerza de la gravedad; asimismo, se puede medir



determinando la pérdida por cocción, que es la cantidad de agua que se pierde durante la cocción como consecuencia de la contracción de la carne, e incluye también las pérdidas tanto de volátiles como por goteo (Corazzin *et al.*, 2019).

Generalmente, la carne de pequeños rumiantes tiene valores de pérdida por cocción que se encuentran en el rango de 14 a 41%, mientras que en corderos lactantes se considera un rango de 15 a 24% (Ayeb *et al.*, 2016; Miguélez *et al.*, 2008). Así mismo, se ha determinado que conforme aumenta el peso al sacrificio puede verse disminuido, con relación al género, las hembras presentan valores menores que los machos, la raza también es un factor que influye presentando un aumento de CRA en las razas de pelo (Hernández-Cruz *et al.*, 2009; Vergara *et al.*, 1999).

2.3.1.4 Textura. La textura de la carne se percibe como un conjunto de sensaciones táctiles resultado de la interacción de los sentidos con las propiedades físicas y químicas entre las que se incluyen la densidad, dureza, la plasticidad, la elasticidad, la consistencia, la cantidad de grasa, la humedad y el tamaño de las partículas de la misma (Lawrie, 1998).

La textura se relaciona directamente con el añejamiento o maduración de la carne, esto se realiza por las propias reacciones bioquímicas de la conversión de músculo a carne. Se ha establecido que la terneza idónea se puede alcanzar entre los días 10 y 15 en refrigeración ya que en ese periodo de tiempo se mantiene la degradación enzimática, mientras que el efecto calor es el de mayor relevancia a inducir la coagulación tanto de colágeno como de proteínas que en base a la disponibilidad se determina la dureza o blandura de la carne (Matsushita *et al.*, 2010; Pethick *et al.*, 2005).

Dos fracciones proteicas determinan la textura, por una parte, están las proteínas del tejido conjuntivo y por otra las miofibrilares. Las primeras están constituidas por el colágeno, la elastina y la reticulina y constituyen un elemento negativo que limita la terneza. El colágeno es el principal componente del tejido conjuntivo, y éste determina la dureza de base, ya que cuanto mayor es su contenido, más dura es la carne (Hill, 1966).

En corderos se reporta que la raza, edad, peso, alimentación y manipulación *antemortem* son factores que afectan la textura. Se ha observado que ocurre un incremento de la textura de la carne conforme aumenta la edad de los animales al sacrificio. Respecto a la influencia racial, las razas productoras de lana presentan valores mayores de textura que las líneas productoras de pelo. De

igual manera, el sistema de alimentación influye al presentar mayor actividad (ejercicio) así como el alimento proporcionado, siendo la alimentación en corral con dietas altas en concentrado la mejor opción para generar carne con valores de textura menores (más tierna) (Brito *et al.*, 2017; Camacho *et al.*, 2017; Sañudo *et al.*, 2003). Por otro lado, cuando se usan promotores de crecimiento como los compuestos  $\beta$ -AA, se ha reportado que ocasiona una reducción de la terneza, y se ha sugerido que esto es debido al incremento del grosor de las fibras musculares y la reducción de la grasa intramuscular, por efecto de estos agentes anabolizantes (Parr *et al.*, 2016).

### **2.3.2. Calidad Química y Nutricional de la Carne**

La carne ovina es buena fuente de proteína dietaria (alrededor de 20 g/100 g), la cual es rica en aminoácidos esenciales altamente digestibles, de acuerdo a los requerimientos en humanos; también es una buena fuente de micronutrientes nutricionalmente importantes (hierro, zinc, selenio y vitaminas del complejo B). Las concentraciones de hierro y vitaminas del complejo varían con el metabolismo de la fibra muscular, mientras que el contenido de lípidos varía de acuerdo al tipo de corte (Prache & Bauchart, 2015). En los últimos años, se ha generado más información de como los factores de la producción primaria afectan esta calidad nutricional de la carne.

El contenido de proteína es relativamente consistente entre razas y entre cortes de carne, y la dieta animal no es un factor importante que modifique la composición de aminoácidos (Berthelot & Domage, 2018). La carne de corderos recién destetados contiene menos hierro que la de corderos pesados (Berge *et al.*, 2003). Una porción de 100 g de carne de cordero, proporciona de 10 a 20% de las recomendaciones diarias de hierro, zinc, selenio y vitamina B6, 40% de los requerimientos diarios de vitamina B3 y más del 100% de los requerimientos de vitamina B12. Sin embargo, los médicos y nutricionistas consideran que su perfil de ácidos grasos es rico en ácidos grasos pro-aterogénicos (grasa saturada) y pobre en ácidos grasos poliinsaturados (AGP) n-3, siendo éstos últimos los más saludables (Montossi *et al.*, 2013).

La grasa que no es metabolizada se conoce como de reserva y esta se almacena de forma intra y extra muscular, presentando algunas diferencias en la composición de cada una. Este puede ser influenciado por el sistema de producción, raza, sexo, edad al sacrificio, peso y porcentaje de grasa.

(Díaz *et al.*, 2005; Gonzales-Barron *et al.*, 2021).

La carne de ovino contiene esencialmente ácidos grasos de cadena media a larga ( $\omega$ -3), así como concentraciones más bajas de ácidos grasos de cadena corta (de 10 a 12 carbonos), cadena impar y cadena ramificada (10-metil esteárico). En comparación con la carne de res, la carne de ovino contiene una mayor proporción de AGP n-3 (Ac. eicosapentaenoico y Ac. docosahexaenoico) (Berthelot & Gruffat, 2018) y ácido linoleico conjugado ácido (CLA), incluido el isómero c9t11 (ácido ruménico) que puede potencialmente ayudar a prevenir enfermedades crónico-degenerativas (Chikwanha *et al.*, 2018).

La carne de cordero contiene altos niveles (cerca del 50% del total de ácidos grasos) de ácido grasos saturados (AGS), presenta alrededor de 8 a 12% de AGP, y un poco más de 40% de ácidos grasos monoinsaturados (AGM). Sin embargo, estas proporciones pueden sufrir cambios dependiendo de los factores previamente mencionados. Siendo en rumiantes, la edad y el sistema de alimentación uno de los factores determinantes para modificar la proporción de ácidos grasos (Costa *et al.*, 2018; Przegalińska-Gorączkowska, 2012; Trabalza-Marinucci *et al.*, 2016).

En los rumiantes, como los corderos, los microorganismos del rumen hidrogenan una proporción sustancial de los AGP provenientes de la dieta dando lugar a AGS, depositándose en el músculo (Matsushita *et al.*, 2010; Nieto, 2013). En base a esto, se ha reportado que la principal influencia que se utiliza para la modificación del perfil lipídico es la alimentación, principalmente en corderos en crecimiento, buscando que haya una mayor presencia de AGP de tipo n-3, y menor cantidad de AGS, a fin de hacerla más saludable para el consumidor. Las dietas a base de grano generan mayores concentraciones de AGP n-6, mientras que las dietas a base de forraje incrementan concentraciones de AGP n-3 en músculo (Díaz *et al.*, 2005; Gonzáles-Barron *et al.*, 2021). Por lo cual es recomendable buscar equilibrios en la relación de forraje y concentrado de las dietas de los animales, para buscar mantener estas proporciones de ácidos grasos saludables.

### **3. HIPÓTESIS**

La suplementación dietaria de 300 mg de ácido ferúlico/kg de alimento por un período de 40 días en ovinos pesados con alimentación intensiva, mejora el desempeño productivo, la calidad de la canal y la carne.

## **4. OBJETIVOS**

### 4.1 Objetivo General

Evaluar el efecto de la suplementación de ácido ferúlico por 40 días en dietas de finalización, sobre el desempeño productivo, la calidad de la canal y la carne de corderos pesados en confinamiento.

### 4.2 Objetivos Particulares

1. Evaluar el comportamiento productivo de corderos en confinamiento suplementados con 300 mg de ácido ferúlico/kg alimento.
2. Evaluar las características de calidad de la canal de corderos suplementados con 300 mg de ácido ferúlico/kg de alimento.
3. Evaluar la calidad química, fisicoquímica y perfil de ácidos grasos de la carne de corderos suplementados con 300 mg de ácido ferúlico/kg alimento.

## 5. MATERIALES Y MÉTODOS

Todos los procedimientos involucrados con el manejo de los animales durante la prueba de alimentación y sacrificio humanitario, fueron apegados a los lineamientos establecidos en las normas oficiales vigentes en México: NOM-051-ZOO, 1995, Cuidado humanitario de los animales durante la movilización; y NOM-033-SAG/ZOO, 2014: Métodos de sacrificio para animales domésticos y silvestres. Adicionalmente, todos los protocolos y procedimientos experimentales con la prueba de alimentación animal, fueron aprobados y supervisados por el comité de bioética del CIAD A.C (CEI/002-2/2021).

### 5.1 Localización del Estudio

La prueba de alimentación se llevó a cabo durante la temporada de invierno-primavera del 2020-2021 en una unidad de producción ovina localizada en la costa de Hermosillo (28.786129° Latitud norte, 111.399914° Longitud oeste), situada en el estado de Sonora al noroeste de México. Las condiciones climáticas para el sitio experimental durante la prueba de alimentación son de una temperatura mínima promedio de 7° y máxima de 28°C y humedad relativa (HR) promedio de 49.48 %, caracterizada por noches frías y días templados.

### 5.2 Animales y Tratamientos

Para llevar a cabo la prueba de alimentación, se utilizaron 14 corderos de pelo de cruce comercial Kathadín x Pelibuey, con un peso vivo inicial de  $34.15 \pm 2$ kg y edad entre 6 y 8 meses. Los animales fueron alojados individualmente en corral, y se asignaron aleatoriamente a uno de dos de los siguientes tratamientos bajo un diseño completamente al azar, por un período de 40 días: T1) Alimentación con dieta basal alta en concentrado formulada principalmente a base de maíz molido

y alfalfa (Testigo, n=7), T2) Dieta basal adicionada con 300 mg de ácido ferúlico/kg alimento (AF, n=7). En el Cuadro 2 se muestra la dieta experimental y su composición química, ambas dietas fueron formuladas para contener 12.9% de proteína cruda 1.44 Mcal de energía neta de ganancia/kg alimento, y una ganancia de peso de 0.280 kg/d. Previo al estudio los corderos recibieron una dosis de vitaminas A, D, y E (Vigantol; Bayer, Cd. México, México; 1 mL/animal) y desparasitados (Ivermectina; Laboratorios Sanfer, Cd. México, México; 0.5 mL/animal). Los animales fueron identificados con arete de plástico, y se adaptaron a la dieta basal 10 días previos al inicio de la prueba de alimentación.

Cuadro 2. Ingredientes y composición química de dietas experimentales ofrecidas a corderos en finalización

Ingrediente	Tratamiento	
	Testigo	AF
<i>Ingredientes, % de MS</i>		
Rastrojo de sorgo	10.2	10.2
Heno de alfalfa	12	12
Grano de maíz	61	61
Gallinaza	5	5
Pasta de soya	8	8
Melaza de caña	3	3
Mezcla mineral	0.5	0.5
Sal	0.3	0.3
Ácido Ferúlico (ppm)	0	300
<i>Composición Química, Base MS</i>		
Materia seca, %	88.5	88.5
Proteína cruda, %	12.9	12.9
Extracto etéreo, %	3.60	3.60
ENg <sup>1</sup> , Mcal/Kg	1.44	1.44

<sup>1</sup>Basado en valores energéticos de los ingredientes, reportados en las tablas del NRC (2007)

### 5.3 Desempeño Productivo

Los animales se pesaron individualmente al inicio, a los 20 días y final de la prueba (día 40), y se

evaluó su desempeño productivo a través de la estimación de la GDP, el consumo diario de alimento (CDA) en base seca y la conversión alimenticia (CA) en base seca.

Para evaluar la GDP, ésta se calculó por diferencia del peso final menos el peso inicial dividido entre los días de alimentación (para cada período o en el total de la prueba). El consumo diario de alimento (CDA) en base seca se calculó por diferencia entre el peso del alimento ofrecido y el rechazado por corral diariamente. Por último, se calculó la conversión alimenticia (CA) mediante la relación del CDA entre la GDP.

#### 5.4 Evaluación de la Calidad de la Canal

Una vez finalizada la prueba de alimentación, los animales fueron sacrificados (previo ayuno de al menos 12 h) en la planta de sacrificio del Departamento de Agricultura y Ganadería de la Universidad de Sonora, siguiendo la normatividad vigente, posteriormente se registró el peso de la canal caliente. Seguidamente, las canales fueron refrigeradas a 4 °C por 24 h para evaluar el peso de la canal fría y se midió el espesor de la grasa dorsal (mm) con un vernier, y el área del ojo de costilla (cm<sup>2</sup>) a nivel del doceavo espacio intercostal. Para esta última medición, se utilizó una hoja de acetato transparente en la que se dibujó solamente el contorno del área del músculo, después se midió el área con una plantilla cuadrículada con cuadrantes de 1 cm<sup>2</sup>. El rendimiento de la canal caliente y frío se estimó a través del peso de la canal entre el peso vivo final al sacrificio x 100 (USDA, 2000). Se midió la conformación de la canal siguiendo la metodología descrita por Smith *et al.* (2001), la cual usa una escala numérica que va del 1 (mala) hasta el 8 (excelente). Posteriormente, sobre la media canal izquierda se registraron las medidas antropométricas longitud de la canal, profundidad del tórax, longitud de la pierna y perímetro de la pierna, siguiendo la metodología descrita por Parés-Casanova (2013). Finalmente, la media canal fue seccionada en cortes primarios siguiendo el procedimiento descrito por Avendaño Reyes *et al.* (2011) y expresados como porcentaje de la media canal. Después se diseccionó el lomo de cada canal, para obtener el *m. Longissimus thoracis* (LT) y *m. Longissimus lumborum* (LL) los cuales se empacaron al vacío y transportado en condiciones de refrigeración al Laboratorio de Ciencia y Tecnología de la Carne en las instalaciones del CIAD AC, en Hermosillo, Sonora, para llevar a cabo las



evaluaciones de calidad de la carne siguiendo los procedimientos descritos por Peña-Torres (2019).

## 5.5 Evaluación de la Calidad de la Carne

Las muestras cárnicas se obtuvieron a partir del LT de las canales previamente refrigeradas (24 h), se diseccionó el LT desde el cuarto al doceavo espacio intercostal para posteriormente ser empacado al vacío y éstas se mantuvieron en una cámara de congelación a  $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ , y 24 h antes de los análisis de calidad se descongelaron en una cámara de refrigeración a  $4\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Se cortaron las muestras en filetes de diferentes grosores, partiendo de la porción caudal hacia la parte craneal de la muestra, de la siguiente manera: un filete de 2 cm para pH y CRA, un trozo 6 cm para evaluación del color, después cocinarla para evaluación de textura y pérdida por cocción, un filete de 3 cm para perfil de ácidos grasos, y finalmente un filete de 2 cm para el análisis proximal.

### 5.5.1 Composición Química Proximal

Se determinó por triplicado de cada muestra el contenido de humedad, grasa intramuscular y proteína de la carne, mediante los métodos establecidos por la AOAC (1990). La determinación de humedad se realizó mediante una estufa de secado a una temperatura de  $100\text{ }^{\circ}\text{C}$  durante 16 h (Método 950.46). El contenido de proteína se determinó mediante el método de Micro Kieldahl (Método 955.04) a partir de muestras deshidratadas. La grasa intramuscular se cuantificó por el método de extracción de Goldfish a partir de muestras deshidratadas (Método 920.39).

## 5.6 Análisis Fisicoquímicos de la Carne Fresca

### 5.6.1 Textura.

Se midió el esfuerzo al corte (EC) usando un texturómetro Texture Analyzer T.A.X.T. Plus (Stable Micro Systems, Godalming, England); para lo cual la carne se cortó en rebanadas de 2.5 cm de grosor y se cocinaron en un sartén eléctrico hasta alcanzar una temperatura interna de 71 °C (monitoreada por un termopar tipo T conectado a un lector). Después de ser cocinadas, las muestras se enfriaron a temperatura ambiente (25 °C a 30 °C) y posteriormente se refrigeraron a 4 °C por 24 h (AMSA, 1995). Después, la carne se cortó en cilindros de 3 cm de largo y 1.3 cm de diámetro, y cortados longitudinalmente a las fibras musculares mediante el accesorio cortador Warner-Blatzler montando en el texturómetro. El valor de EC se expresó en kilogramos fuerza (kg F). Se realizaron al menos 6 repeticiones por unidad experimental.

### 5.6.2 Pérdida de Peso por Cocción (PPC).

La PPC se determinó calculando la diferencia de los cortes antes y después de ser cocinados en un sartén eléctrico hasta alcanzar una temperatura interna de 71 °C (AMSA, 1995).

### 5.6.3 pH.

Para la determinación de pH se utilizó un potenciómetro digital HANNA portátil con electrodo de penetración y termómetro HANNA HI 99163, (Mettler-Toledo Process Analytical Inc., Wilmington, MA, USA). Se hicieron tres determinaciones por unidad experimental.

#### **5.6.4 Color.**

Para la determinación de color en la carne se utilizó un colorímetro Minolta (Chroma meter CR-400, Konica Minolta Sensing, Inc. Japon). Los parámetros que se evaluaron fueron L\* (luminosidad), a\* (matiz rojo-verde) y b\* (matiz amarillo-azul) (Cassens *et al.*, 1995). Además, se calculó el ángulo de matiz mediante la fórmula  $\tan^{-1}(b/a)$  (Jiménez *et al.*, 2009) y saturación o chroma mediante la fórmula  $(a^{*2} + b^{*2})^{1/2}$  (Cassasa, 2006). Las determinaciones del color se realizaron tomando tres lecturas sobre la superficie de cada muestra fría (4 – 6 °C).

#### **5.6.5 Capacidad de Retención de Agua (CRA):**

Se pesaron 10 g de muestra de carne la cual se colocó en una tela micro-nylon y se introdujeron en un tubo de polipropileno de 50 mL, posteriormente la muestra de carne se centrifugó a 5,000 rpm durante 5 min a 4 °C (Centrifuga refrigerada Thermo Scientific Legend XTR). El porcentaje de CRA, se calculó en función de la diferencia de peso que presenta la muestra antes y después de la centrifugación (Sutton *et al.*, 1997).

### **5.7 Determinación del Perfil de Ácidos Grasos**

La extracción lipídica se realizó de acuerdo a la metodología descrita por Bligh y Dyer (1959). Brevemente, se tomaron aproximadamente 40 g de tejido (trozo de carne del LT), los cuales fueron triturados hasta ser homogenizados. Del homogenizado se tomaron 20 g. Posteriormente, se añadieron 10 mL de metanol grado reactivo (Sigma-Aldrich, Missouri, USA) y se homogenizaron durante 1 min a 1,100 rpm (Ultraturrax IKA modelo T25). Se agregaron 20 mL de cloroformo grado espectrofotométrico, con una pureza del 98.5% (Sigma-Aldrich, Missouri, USA) y nuevamente se homogenizaron durante 2 min a 13,520 rpm. Una vez homogenizado, las muestras

fueron filtradas a través de un papel Whatman #1, realizándose un lavado de la muestra con 3 mL de cloroformo/metanol (en una proporción 2:1). Después de varias filtraciones, se recuperó la fase lipídica y se guardó en viales previamente identificados.

La derivatización de los ácidos grasos se realizó según lo reportado por Park y Goins (1994). Los tubos con la muestra de la fracción lipídica, se introdujeron a baño maría a 40 °C y se evaporó el solvente de los extractos por medio de un flujo de nitrógeno. Se obtuvieron aproximadamente 150 mg de grasa libre de solventes, se les agregaron 4 mL de NaOH (Merck-México) 0.5 N en metanol. La mezcla fue agitada ligeramente hasta lograr una solución homogénea. El aire fue evacuado mediante una inyección de flujo de nitrógeno y se cerró el tubo con el tapón de baquelita. Posteriormente se calentó a 90 °C por 10 min en baño maría. Transcurrido el tiempo, las muestras fueron enfriadas a temperatura ambiental y se le adicionó 5 mL de trifluoruro de boro al 14% en metanol (Sigma-Aldrich, Missouri, USA). Se desplazó el aire con un flujo de nitrógeno y se cerró el vial.

Las muestras fueron calentadas nuevamente en baño maría a 90 °C durante 7 min. Dejándose las muestras enfriar a temperatura ambiente, se les agregó 4 mL de heptano y las muestras fueron calentadas durante 2 min bajo las condiciones anteriormente mencionadas. Posteriormente, se dejaron enfriar las muestras a temperatura ambiente y se les agregó 1 mL de cloruro de sodio saturada (37 g de NaCl/100 mL de agua destilada) y sulfato de sodio anhídrido. Por último, se tomaron únicamente la fase cristalina superior por medio de una pipeta de transferencia y realizó una filtración a través de fibra de vidrio, colocándose en una vial para almacenar. Al momento de realizar la inyección de la muestra, se vertió 100 µL de heptano en un microinserto contenido en un vial de 2 mL para cromatógrafo.

El análisis de perfil de ácidos grasos se llevó a cabo por cromatografía de gases mediante un equipo Hewlett Packard Serie 6890 (Single Agilent Technologies, Wilmington, DE, USA) equipado con un detector de ionización de flama (FID) y un automuestreador 6890, usando una columna capilar de sílica fundida Supelco 2560 (0.25 mm de diámetro interno x 100 m de longitud, con un grosor de película de 0.2 µm). El programa de temperatura del horno fue: 120 °C de inicio, con una rampa de 5 °C/min hasta alcanzar los 175 °C, sosteniendo por 1 min y una segunda rampa de 4 °C/min hasta alcanzar los 230 °C, mantenida por 10 min. Conservándose la temperatura del puerto de inyección y el detector a 250 y 260 °C respectivamente. Las muestras fueron inyectadas (1 µL) en un puerto Split, a una relación de división de 50:1. Se utilizó helio como gas transportador con una

velocidad de 14 cm/s. Se registraron y almacenaron los cromatogramas en la computadora utilizando el software ChemStation (Agilent Technologies - G2070AA ChemStation, Wilmington, DE, USA).

Los ácidos grasos fueron identificados de acuerdo al tiempo de retención y al patrón de elución de la mezcla de estándares Supelco F.A.M.E. Mix C4-C24 (Sigma-Aldrich, Missouri, USA). Por último, se determinaron los perfiles tomando el área bajo la curva de los diferentes picos como porcentaje de la suma del total de picos identificados. Los valores fueron reportados como porcentaje de ácidos grasos respecto al total detectados. Se calcularon las sumas parciales de ácidos grasos saturados ( $\sum\text{AGS}$ ), monoinsaturados ( $\sum\text{AGM}$ ), poliinsaturados ( $\sum\text{AGP}$ ), omega-3 ( $\sum\text{w3}$ ), omega 6 ( $\sum\text{w6}$ ). Así mismo, se calcularon las relaciones nutricionales  $\sum\text{AGM}/\sum\text{AGS}$ ,  $\sum\text{AGP}/\sum\text{AGS}$  y  $\sum\text{w6}/\sum\text{w3}$ .

## 5.8 Análisis Estadístico

Todos los datos fueron sometidos a un análisis de varianza GLM para un diseño completamente al azar. El modelo incluyó el efecto fijo de los tratamientos experimentales y el peso inicial de los animales como covariables para los datos de desempeño productivo. Las significancias se estimaron a una  $P < 0.05$ . Todos los datos fueron procesados en el paquete estadístico NCSS versión 2020.

## 6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 6.1 Desempeño Productivo

Los resultados obtenidos en el desempeño productivo de los corderos se muestran en el Cuadro 3, donde de manera general se observa que no se presentó efecto ( $P>0.05$ ) de los tratamientos sobre ninguna de las variables evaluadas en el primero, segundo periodo y total de la prueba de alimentación. El peso vivo inicial de los animales en ambos tratamientos fue similar ( $P>0.05$ ) y fue alrededor de los 33 kg, lo cual indica que la aleatorización de las unidades experimentales se llevó a cabo de manera correcta al inicio del experimento. Respecto al peso final de los animales para cada grupo fluctuó alrededor de los 45 kg ( $P>0.05$ ), es decir se presentó un incremento de peso de aproximadamente 12 kg en el total de la prueba. En los primeros 20 días de la prueba, los animales tuvieron una media de ganancia diaria de peso (GDP) promedio de 0.250 kg, un consumo de alimento de 1.3 kg, y una conversión alimenticia cercana a los 5.5 kg de alimento en ambos tratamientos ( $P>0.05$ ). En el segundo periodo (día 21 a 40) los corderos tuvieron un desempeño productivo similar entre tratamientos ( $P>0.05$ ), con una GDP superior a la del primer periodo (0.340 kg), un consumo de alimento de alrededor de 1.6 kg por día, por lo cual su conversión alimenticia también fue mejor que en el primer periodo de prueba (entre 4.2 y 4.7 kg alimento). En el periodo total de la prueba de alimentación, la GDP fue de 0.303 kg para el tratamiento Testigo, mientras que para los corderos suplementados con AF fue de 0.271 kg ( $P>0.05$ ); el consumo de alimento fue de 1.47 kg y 1.42 kg para el testigo y AF, respectivamente ( $P>0.05$ ). La conversión alimenticia para el testigo fue de 4.94 kg y para el tratamiento con AF de 5.42 kg ( $P>0.05$ ).

Cuadro 3. Desempeño productivo de corderos pesados suplementados con AF por 40 días en confinamiento.

<b>Variable<sup>1</sup></b>	<b>Testigo</b>	<b>AF<sup>2</sup></b>	<b>EEM<sup>3</sup></b>	<b>Valor de P</b>
Peso inicial, kg	33.78	33.82	1.52	0.95
Peso final, kg	45.92	44.64	1.05	0.407
<i>Periodo 1(0-20 d)</i>				
Ganancia diaria de peso, kg	0.257	0.242	0.031	0.750
Consumo diario de alimento,	1.37	1.34	0.072	0.745

kg MS				
Conversión alimenticia, kg	5.21	5.54	0.593	0.690
<i>Periodo 2 (21-40 d)</i>				
Ganancia diaria de peso, kg	0.349	0.341	0.034	0.873
Consumo diario de alimento, kg MS	1.64	1.50	0.073	0.219
Conversión alimenticia, kg	4.20	4.73	0.345	0.358
<i>Total (0-40 d)</i>				
Ganancia diaria de peso, kg	0.303	0.271	0.026	0.407
Consumo diario de alimento, kg MS	1.47	1.42	0.072	0.617
Conversión alimenticia, kg	4.94	5.42	0.561	0.356

<sup>1</sup>Los valores son la media de 7 unidades experimentales por tratamiento; <sup>2</sup>AF: Suplementación de 300 mg de ácido ferúlico/kg de alimento. <sup>3</sup> EEM: Error estándar de la media.

Los resultados obtenidos en este estudio son similares a los que reportaron Macías-Cruz *et al.* (2014), quienes no observaron ningún efecto significativo en las variables de desempeño productivo en corderos de pelo hembras ( $28.5 \pm 0.5$  kg) que fueron suplementadas con una dosis similar de AF (300 mg/kg de alimento). No obstante, los resultados del presente estudio difieren con aquellos observados en la investigación realizada por Valadez-García *et al.* (2021), en la que suplementaron con 250 mg AF/kg a corderas de pelo expuestas a estrés calórico ( $23.5 \pm 2.8$  kg de peso vivo) y se presentó un incremento en la GDP y una mejora de la eficiencia alimenticia en los animales recibiendo AF. Así mismo, nuestros resultados son contrarios a los reportados por Wang *et al.* (2019) los cuales utilizaron corderos ( $30.49 \pm 0.46$  kg) en condiciones climáticas templadas y suplementaron una dosis de 80 mg AF/kg de alimento y se observó una mejora en el desempeño productivo de los corderos.

Se han obtenido variaciones en los resultados de distintos estudios donde se utiliza AF como fitogénico. González (2016), utilizó cerdos Landrace x Yorkshire ( $67.61 \pm 2.96$  kg) que recibieron una dosis de 25 mg/kg de alimento, y reportó que la GDP incrementó respecto a su tratamiento testigo, discrepando con los resultados obtenidos en el presente estudio. Sin embargo, Wang *et al.* (2021) reportaron que utilizar AF en lechones no promovió la GDP, lo cual coincide con los resultados de nuestro estudio. En un estudio realizado en aves, Alcalá (2018) suplementó a pollos de engorda con 10, 20 y 30 mg de AF/kg de alimento, reportando que la dosis de 30 mg de AF disminuyó el consumo de alimento sin presentar mejora en la GDP, pero si en la conversión

alimenticia, lo cual no está en concordancia con nuestros resultados.

Se esperaba que en el presente estudio usando animales con mayor peso inicial que los estudios previos con corderos, se manifestaría un mejor desempeño productivo al efecto moderado y significativo que se había reportado anteriormente. Sin embargo, no ocurrió así. Por lo anterior, se hipotetiza que la falta de efecto de la suplementación de AF en el desempeño productivo de los corderos del presente estudio, posiblemente pudo deberse a la influencia del peso, edad y la craza comercial (Katahdin x Pelibuey) que se utilizó. Las investigaciones previas que se han realizado utilizaron corderos jóvenes y cruza con la raza Dorper, la cual se ha identificado como una raza que tiene mejor eficiencia alimenticia (alrededor de 4 kg de alimento por kg de aumento de peso), mientras que la raza Katahdin y Pelibuey se ha reportado que son menos eficientes (Macedo & Aguilar, 2005; Moreno-Cáñez *et al.*, 2013; Ocak *et al.*, 2016). Derivado del peso inicial de los corderos, se cree que este estudio presentó variación no favorable en los resultados. Un mayor peso inicial de estos corderos de pelo, indica que se encontraban en una etapa casi estacionaria de su curva de crecimiento, es decir, ya cercano a su peso adulto para la raza. Lo anterior influye de manera determinante en la reducción de la eficiencia de utilización del alimento ((Di Grigoli *et al.*, 2019; Partida de la Peña *et al.*, 2013; Rojas-Román *et al.*, 2017).

## 6.2 Calidad de Canal

Los resultados obtenidos respecto a calidad de la canal de los corderos se muestran en el Cuadro 4, en el que se observa que no se presentó efecto ( $P>0.05$ ) de los tratamientos sobre ninguna de las variables evaluadas. El peso vivo al sacrificio de los corderos osciló alrededor de los 45 kg entre tratamientos, el pH de la carne fue de 5.50, el peso de la canal caliente y fría osciló entre los 23 y 22 kg, respectivamente ( $P>0.05$ ). El rendimiento de canal tuvo una tendencia ( $P>0.058$ ) a ser mejor en el grupo Testigo. La merma por refrigeración fue menor al 2 % ( $P>0.05$ ). El área de ojo de costilla fue similar entre tratamientos ( $P>0.05$ ), con áreas de alrededor de los 15 cm<sup>2</sup>. La deposición de grasa de cobertura de la canal fue muy baja para ambos tratamientos, con una tendencia ( $P>0.06$ ) a depositar más grasa de cobertura en los animales suplementados con AF. La longitud de la canal fue de 64 cm, una profundidad del tórax promedio de 18 cm, la longitud de la pierna osciló entre



36 y 38 cm y el perímetro de la pierna entre 43 – 44 cm ( $P>0.05$ ). En cuanto a la conformación de la canal, se obtuvieron puntajes por arriba de 6 para ambos tratamientos ( $P>0.05$ ). Dicho valor, indica conformación de las canales muy buenas en cuanto a desarrollo muscular.

Cuadro 4. Características de calidad de la canal de corderos pesados suplementados con AF por 40 días en confinamiento.

<b>Variable<sup>1</sup></b>	<b>Testigo</b>	<b>AF<sup>2</sup></b>	<b>EEM<sup>3</sup></b>	<b>Valor de P</b>
Peso al sacrificio, Kg	45.92	44.64	1.05	0.407
pH 24 h	5.50	5.49	0.08	0.923
Peso de canal caliente, kg	23.17	21.79	0.52	0.117
Peso de canal fría, kg	22.68	21.28	0.53	0.117
Rendimiento en caliente, %	48.80	47.23	0.63	0.137
Rendimiento en frío, %	47.51	45.58	0.64	0.058
Merma, %	1.28	1.65	0.42	0.578
Área de ojo de costilla, cm <sup>2</sup>	16.13	15.32	0.88	0.353
Grasa dorsal, mm	1.51	2.16	0.22	0.061
Conformación	6.54	6.15	0.17	0.170
Longitud de la canal, cm	64.58	65.77	1.06	0.478
Profundidad del tórax, cm	18.54	18.39	0.29	0.744
Longitud de la pierna, cm	38.42	36.48	0.54	0.060
Perímetro de la pierna, cm	44.45	43.14	0.64	0.214

<sup>1</sup>Los valores son la media de 6 unidades experimentales por tratamiento; <sup>2</sup>AF: Suplementación de 300 mg de ácido ferúlico/kg de alimento. <sup>3</sup> EEM: Error estándar de la media.

Los resultados obtenidos en este estudio son similares a los que reportaron Macías-Cruz *et al.* (2014), quienes no observaron ningún efecto significativo en ninguna de las variables de la calidad de la canal de corderas de pelo (peso inicial de  $28.5 \pm 0.5$  kg) las cuales fueron suplementadas con una dosis similar de AF (300 mg/kg de alimento). Contrario a nuestros resultados, Peña-Torres (2019) observó un incremento en el AOC en las canales de los corderos (peso inicial de  $24 \pm 3$  kg) que fueron suplementados por 32 d con la misma dosis de AF al presente estudio. En el estudio realizado por Valadez-García *et al.* (2021), cuando se suplementaron corderos ( $23.5 \pm 2.8$  kg) con 250 mg AF/kg de alimento, se reportó una tendencia a disminuir el diámetro de la pierna, y las demás características de la canal permanecieron sin cambio.

Actualmente existen pocos estudios con la suplementación de AF en otras especies de interés comercial, donde se han evaluado las características de calidad de canal, y se han reportado resultados similares a los obtenidos en este estudio. Li *et al.* (2015) reportó que en cerdos (75 kg)

a los que se suplementó con 100 mg AF/kg alimento, no se observó ningún efecto significativo, lo cual coincide con el presente estudio. Así mismo, Alcalá (2018) suplementó pollos de engorda con distintas dosis de AF sin presentar efectos sobre rendimiento de canal caliente y rendimiento canal fría.

De igual manera se han realizado estudios en otras especies donde se han presentados resultados favorables a algunas características de calidad de la canal al usar AF como suplemento alimenticio. Tal es el caso de Peña-Torres *et al.* (2020), quienes usaron vaquillas alimentadas con dietas altas en concentrado y suplementadas con dosis de 250 y 500 mg AF/kg, y reportaron beneficios de esta suplementación en el peso de canal caliente, peso de canal fría, y rendimientos en canal caliente y fría; lo cual no coincide con nuestros resultados.

Los resultados que se obtuvieron en la calidad de la canal, proponen que el uso de AF como agente fitogénico para mejorar la calidad de la canal no fue efectivo para corderos de la craza comercial usada (Katahdin x Pelibuey) con un peso vivo inicial mayor a los 35 kg. Lo anterior, se postula debido a que ambas razas de la craza comercial tienden a depositar grasa en etapa de crecimiento intermedio cuando son sometidas a dietas altas en concentrado, acelerando su desarrollo al entrar en la pubertad, la cual inicia al contar con 20 a 25 kg de peso (Clavijo, 2018; Roldán-Roldán *et al.*, 2016). La pubertad no es el único factor a considerar, a pesar de que ambas razas son de fácil adaptación a cambios ambientales, tienen la desventaja que producen canales magras además pueden llegar a alcanzar un 50% de rendimiento en canal (Partida de la Peña *et al.*, 2013). Por lo anterior, se infiere que los corderos pesados de esta craza comercial se encuentran en una etapa estacionaria en su curva de crecimiento a punto de llegar a su peso adulto teniendo así corderos de pelo que ya han generado masa muscular con poca deposición de grasa derivado de la genética de ambas razas, además de la disminución en la eficiencia alimentaria. Aunado a lo anterior, los animales usados en el presente estudio, previo a la prueba de alimentación se encontraban bajo condiciones de pastoreo natural, en una época del año donde el pasto no cubre las necesidades nutricionales de los animales, los cuales se encuentran en un balance energético negativo, y al ser sometidos a la dieta alta en grano, aprovecharon los nutrientes para el crecimiento magro y no en la deposición de grasa en la canal.

En el Cuadro 5 se muestran los porcentajes de rendimiento de los cortes primarios obtenidos de corderos suplementados con AF por 40 días en confinamiento, en el cual se puede observar que no hubo diferencia entre tratamientos ( $P>0.05$ ). El cuello para ambos tratamientos osciló en un 8%, la

paleta de ambos tratamientos representó el 29%, el lomo un 8%, el costillar fue el 14% de la canal, el lomo plano representó el 12%, y finalmente la pierna representó entre un 26 a 28 de la canal ( $P>0.05$ ).

Cuadro 5. Rendimientos (%) de cortes primarios de corderos pesados suplementados con AF por 40 días en confinamiento.

<b>Variable<sup>1</sup></b>	<b>Testigo</b>	<b>AF<sup>2</sup></b>	<b>EEM<sup>3</sup></b>	<b>Valor de P</b>
Cuello	8.77	7.86	0.72	0.423
Paleta	29.48	29.61	1.04	0.930
Lomo	8.15	8.41	0.66	0.783
Costillar	14.50	13.79	0.86	0.603
Lomo plano	11.57	12.70	1.76	0.679
Pierna	28.17	26.39	1.78	0.522

<sup>1</sup>Los valores son la media de 6 unidades experimentales por tratamiento; <sup>2</sup>AF: Suplementación de 300 mg de ácido ferúlico/kg de alimento. <sup>3</sup>EEM: Error estándar de la media.

Los resultados del presente estudio no coinciden con los reportados por Valadez-García *et al.* (2021), quienes encontraron que corderas de pelo ( $23.5 \pm 2.8$  kg de peso vivo) suplementadas con AF (250 mg/kg) bajo estrés calórico incrementaron los rendimientos de la paleta, pecho, costillar y lomo; sin embargo, el cuello, lomo plano y pierna no fueron afectados por la suplementación de AF, tal como ocurrió en el presente estudio.

En un estudio (Ríos-Rincón *et al.*, 2012) donde se midieron los rendimientos de cortes primarios de corderos Katahdin x Pelibuey alimentados con dietas altas en proteína utilizando garbanzo de desecho (alimento alto en proteína) por un periodo de tiempo de 84 días, no se presentó diferencias entre los tratamientos (nivel de suplementación de garbanzo). Sin embargo, los resultados reportados para cuello, lomo, costillar y pierna (8, 8, 14 y 26 % respectivamente) coinciden con los porcentajes encontrados en nuestro estudio.

Así mismo se han realizado estudios utilizando promotores de crecimiento de tipo sintético como el CZ, donde mayormente hubo diferencias en rendimiento de cortes primarios respecto a los reportados en este estudio. Rojo-Rubio *et al.* (2018) utilizaron corderos Dorper x Pelibuey ( $37.4 \pm 1.0$  kg) a los cuales se les suplementó con CZ a una dosis de 10 mg/cordero/día durante 30 d, mientras que Silva (2018) aplicó una dosis de 4 – 8 mg de CZ/kg de alimento en corderos ( $35.85 \pm 3.3$  kg) por 27 días. Ambos estudios no reportaron efecto significativo en rendimiento de cortes

primarios con el uso de CZ.

En los estudios donde se han utilizado corderos pesados, se ha implementado el uso de dietas altas en energía, ya que en esta fase de la curva de crecimiento el desarrollo se enfoca en la deposición de grasa y no al crecimiento muscular. Debido a esto, se han utilizado variaciones en el contenido energético para cubrir las necesidades fisiológicas, así como para compensar los efectos de los promotores de crecimiento que se implementen, por ejemplo, el CZ el cual puede tener efecto lipolítico y a su vez hipertrofia muscular (Ortiz *et al.*, 2016; Silva Marcelo, 2018). Así mismo, se ha reportado que AF puede tener efecto similar a compuestos  $\beta$ -AA (González-Ríos *et al.*, 2016). En base a lo anterior, es necesario determinar cuál es el aporte energético necesario en corderos pesados (>35 kg) para que haya un equilibrio entre el desarrollo muscular y acúmulo de grasa sin demeritar la calidad de la carne.

### 6.3 Calidad Fisicoquímica

En el Cuadro 6 se presentan los resultados obtenidos para la calidad fisicoquímica del LT de corderos pesados en finalización, en el cual se observa que no se presentaron diferencias entre tratamientos ( $P>0.05$ ) para ninguna de las evaluaciones realizadas. El valor de pH en ambos tratamientos fue de 5.8. La CRA fue de 80-81%, la PPC fue de 15.89% para el testigo y 18.72% para AF ( $P>0.05$ ). Respecto al color, no se presentaron cambios significativos entre tratamientos ( $P>0.05$ ) en las variables  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ , presentándose valores de alrededor de 37, 16 y 8, respectivamente. Así mismo, el croma fue entre 19 y 17, y el matiz entre 26 y 23, sin presentar diferencias entre tratamientos ( $P>0.05$ ). Los valores obtenidos para fuerza al corte para el tratamiento testigo fue de 8 y para el tratamiento AF de 7 kg fuerza ( $P>0.05$ ).

Cuadro 6. Calidad fisicoquímica<sup>1</sup> del lomo (*m. Longissimus thoracis*) de corderos pesados en finalización, suplementados con AF por 40 d en confinamiento.

Tratamiento	Testigo	AF <sup>2</sup>	EEM <sup>3</sup>	Valor de P
pH	5.85	5.87	0.04	0.793
CRA	80.20	81.38	0.80	0.382
PPC	15.89	18.72	2.20	0.400

Valor L*	37.54	37.32	0.65	0.851
Valor a*	17.53	16.31	0.65	0.203
Valor b*	8.67	7.20	0.62	0.116
Croma	19.57	17.83	0.80	0.166
Matiz	26.14	23.72	0.90	0.103
Fuerza de corte, kg F	8.10	7.10	0.87	0.431

CRA: capacidad de retención de agua en %. PPC: pérdida de peso por cocción en %. <sup>1</sup>Los valores son la media de 6 unidades experimentales por tratamiento; <sup>2</sup>AF: Suplementación de 300 mg de ácido ferúlico/kg de alimento. <sup>3</sup>EEM: error estándar de la media.

Los resultados obtenidos para la medición de pH en ambos tratamientos se aproximan a los reportados por Valadez-García *et al.* (2021), reportando pH de 5.70 en muestras obtenidas del LT de corderas bajo estrés calórico a las cuales se suplementó con AF (250 mg/kg de alimento). En otro estudio realizado por Tibebe *et al.* (2019) reportan valores de pH en 5.65 en muestras de LT de corderos que fueron alimentados con ensilado mezclado con grano de maíz molido. Así mismo, Belhaj *et al.* (2021) reportaron valores de pH entre 5.75 y 5.77 en el *m. Longissimus lumborum* (LL) de corderos de dos razas y alimentados a base de pastoreo libre durante un año. Camacho *et al.* (2017), realizaron un estudio en el cual se sacrificaron corderos a 3 diferentes pesos los cuales fueron alimentados controlando el aporte calórico y proteico. Se observó que los corderos de peso más alto (25 kg), presentaron un pH de 5.61, el cual es un valor más bajo al observado en el presente estudio.

Respecto a los valores observados de CRA en la carne del presente estudio (81.38%), son similares a los reportados (82%) por Camacho *et al.* (2017), quienes utilizaron corderos de 25 kg en una prueba de alimentación intensiva. Así mismo, Novoselec *et al.* (2021) reportaron que en corderos alimentados con una dieta alta en cereal se registró una CRA de 80%. Por otro lado, Ablikim *et al.* (2016) reportaron valores de CRA más altos (86%) a los del presente estudio, en el LT de dos razas de cordero asiáticas.

Hirata *et al.* (2019) realizaron un estudio donde se evaluó la CRA en carne de corderos sacrificados a distintos pesos (15, 20, 25, 30 y 35 kg) así como de distintos músculos (*Semimembranosus*, LL, *Gluteobiceps* y *Triceps brachii*) reportando que en corderos con menor peso y pH más bajo presentaban una CRA menor. Debido a esto, se plantea que el pH de la carne es un indicador importante en calidad de la carne y se relaciona directamente con la capacidad de las proteínas musculares para retener agua y la posterior jugosidad de la carne (Cam *et al.*, 2021).

La PPC está relacionada con el rendimiento de la carne al ser cocinada (Morgado *et al.*, 2018). La PPC en corderos puede presentar un rango de valores amplio (15 a 30%) (Corazzin *et al.*, 2019). Los valores de PPC pueden variar por influencia de factores intrínsecos como la raza, el peso de los animales y la edad; adicionalmente por factores extrínsecos como la alimentación, la manipulación *antemortem*, el método de sacrificio entre otros. Algunos estudios han reportado que dietas a base de maíz estimula la retención de agua, así como la acidificación de la carne disminuyendo el pH provocando menor PPC (Saeed *et al.*, 2019; Suliman *et al.*, 2021).

Rozanski *et al.* (2017) reportaron 25.27% de PPC en muestras de LL de corderos con un peso de 25 kg. Por su parte, Morgado *et al.* (2018) reportaron 20.17% de PPC en muestras obtenidas a partir de corderos pesados (43 kg). Saeed *et al.* (2019) reportaron valores de 29.91% de PPC en el LL de corderos.

En otro estudio con corderos con un promedio de 16 kg (Di Grigoli *et al.*, 2019), suplementaron el alimento con AF (215 y 555 mg/día) en un periodo de tiempo de 90 d, y reportaron valores de PPC entre el 15 y 16%. Estos valores coinciden con los observados en nuestro estudio (16-19 %).

En cuanto a los parámetros de color de la carne, no fueron modificados por la suplementación del AF. Los valores de color del presente estudio coinciden con el color de la carne de corderos de diferentes estudios con alimentación intensiva. Respecto al valor L\*, Novoselec *et al.* (2021) reportaron valores de 35.5 en LL de corderos livianos (16 kg). Mientras que Rant *et al.* (2019) reportaron valores de 39.9 en el LL en corderos pesados (45 kg). Por su parte, Partida *et al.* (2012) obtuvieron un valor de 36.8 del LD de corderos Kathadin x Pelibuey (140 d). Todos estos estudios reportaron valores muy próximos a los obtenidos en el presente trabajo.

Por otro lado, algunos estudios presentan valores por encima de los reportados en nuestro estudio. Por ejemplo, Camacho *et al.* (2017), reportaron valores de L\* de 43 en el LT de corderos de 25 kg, y de 49.3 en animales de 10 kg de peso vivo final.

Algunos autores han reportado valores elevados en estudios con corderos suplementados con fitoquímicos, tal es el caso de Simitzis *et al.* (2008) que utilizaron corderos pesados (31 y 58 kg) suplementando en la dieta aceite esencial de orégano y se observaron valores de 46.3 y 50.3 respectivamente. Mientras que Zeola *et al.* (2021) reportaron un valor de 45.4 en muestras de LD a partir de corderos (20kg) que fueron suplementados con extracto de orégano. Sin embargo, también se ha reportado valores similares, como es el caso de Parvar *et al.* (2018) quien suplementó con aceite esencial de *Ferulago angulata* a corderos (20 kg) y reportaron un valor de L\* de 36.8.

No obstante, un estudio donde se suplementó a los corderos con AF (Di Grigoli *et al.*, 2019) en dos distintos periodos de tiempo (90 y 120 días), se reportó un valor de L\* en un rango de 40 a 42.

La medición del valor a\* se relaciona con el color rojo de la carne, mientras más alto este valor más intenso es el color rojo de la carne. Novoselec *et al.* (2021) midieron esta variable de color en LL de corderos (16 kg) presentando un valor de 15.2. Así mismo, Morgado *et al.* (2018) reportaron un valor de 16.1 en corderos pesados (43 kg). Mientras que el estudio de Camacho *et al.* (2017), reportaron valores de 18.1 en la carne de corderos de 25 kg.

En estudios adicionando fitogénicos en la dieta de los corderos, tal es el caso de Zeola *et al.* (2021) que adicionó un extracto de orégano a corderos (20 kg), observó un valor de 18.5, mientras que Simitzis *et al.* (2008) reportaron valor de a\* en 14.4 en corderos pesados (31 kg) cuando fueron suplementados con aceite esencial de orégano. Dentro de este tenor, Di Grigoli *et al.* (2019) reportaron un valor de a\* en 19.7 en corderos (16 kg) suplementados con AF.

Se considera que valores a partir de 9.5 hasta 14.5 son deseables para dar la tonalidad de rojo cereza representativo de la carne (Corazzin *et al.*, 2019). En base a esto, el valor de a\* en la carne de los corderos suplementados con AF (16.31) se considera como aceptable, aunque se puede considerar bajo con respecto a lo reportado por Di Grigoli *et al.* (2019) quien también utilizó AF, aunque se puede inferir que la diferencia de peso (así como la edad de los animales) impactó en los resultados. Respecto a la variable de color b\*, la cual se asocia a la tonalidad de la grasa de la carne, tendiendo al amarillo a medida que los valores se incrementan (Corazzin *et al.*, 2019). Rant *et al.* (2019) reportaron que en carne almacenada por 14 d se registró un valor de b\* de 5.93. Mientras que Hernández-Cruz *et al.* (2009) reportaron un valor de 10.6. En ambos estudios se usaron corderos pesados (40 kg). Simitzis *et al.* (2008) reportaron un valor de 7.2 a partir de muestras de LD de corderas (31 kg).

Camacho *et al.* (2017) reportaron valores de b\* entre 6 a 7.5 en el LD y LL de corderos (10 y 25 kg). Así mismo, Zeola *et al.* (2021) utilizaron corderos (20 kg) con una dieta adicionada con extracto de orégano y reportaron un valor de 5.8. En el estudio de Di Grigoli *et al.* (2019) donde se suplementó con AF a corderos (16 kg), se reportó un valor de b\* de 5.82.

El valor de b\* obtenido en nuestro estudio (7.20) es más elevado a lo reportado por Di Grigoli *et al.* (2019) quienes también suplementaron AF a los corderos, aunque el peso de estos fue mucho menor.

En relación con el ángulo matiz que se encontró en la carne del presente trabajo, concuerda con lo reportado por Rant *et al.* (2019) quienes también utilizaron corderos pesados (40 kg), muestras de LL fueron analizadas después de 14 días de almacenamiento. Di Grigoli *et al.* (2019) en su estudio emplearon corderos (16 kg) que se suplementaron con AF, y reportó valores con diferencias no tan cercanas a lo reportado en el presente estudio, lo cual puede ser debido a la diferencia de edad de los corderos.

## 6.4 Composición Química.

### 6.4.1 Análisis Proximal

Los resultados del análisis proximal de la carne, se muestra en el Cuadro 7. No se presentó efecto ( $P>0.05$ ) de los tratamientos sobre las variables de la composición proximal. El promedio de humedad de las muestras fue de 73% para ambos tratamientos. El contenido de cenizas en la carne fue de alrededor de 1% en ambos tratamientos. El contenido de grasa intramuscular fue de 5.49% en el testigo y de 4.12% en la carne de los animales suplementados con AF. La proteína cruda osciló en 20%, para ambos tratamientos.

Cuadro 7. Análisis proximal<sup>1</sup> de la carne de corderos pesados en finalización, suplementados con ácido ferúlico.

Tratamiento	Testigo	AF <sup>2</sup>	EEM <sup>3</sup>	Valor de P
<i>Variable</i>				
Humedad, %	72.67	73.98	0.722	0.249
Cenizas, %	0.95	1.02	0.040	0.293
Grasa, %	5.49	4.12	0.768	0.260
Proteína cruda, %	20.82	20.54	0.857	0.830

<sup>1</sup>Los valores son la media de 6 unidades experimentales por tratamiento; <sup>2</sup>AF: Suplementación de 300 mg de ácido ferúlico/kg de alimento. <sup>3</sup>EEM: error estándar de la media.



Los valores encontrados de humedad (73.98%) concuerdan con lo reportado por Rant *et al.* (2019) que analizó el LL (corderos 40 kg) refrigerado por 14 d, y con los reportados por Lima *et al.* (2019), quienes utilizaron corderos livianos (24 kg) suplementados con un extracto de *Nopalea cochenillifera*. Por el contrario, el contenido de humedad observado para la carne de nuestro estudio difiere de los reportados en otros estudios. Nieto (2013) reportó un contenido de humedad de 75% en la carne de corderos suplementados con tomillo, mientras que Zeola *et al.* (2021), reportaron un 70% de humedad en la carne de corderos livianos suplementados con extracto de orégano. Así mismo, un estudio utilizando corderos pesados (47 kg) que fueron alimentados solamente con dieta alta en concentrado *ad libitum* reportó 75% de humedad (Jacques *et al.*, 2017).

Respecto al contenido de cenizas en la carne, los valores concuerdan con lo reportado por Russo *et al.* (1999) quienes emplearon corderos de 45 d de edad que fueron alimentados con concentrado de maíz, y los reportados por Lima *et al.* (2019) para corderos (24 kg) suplementados con *Nopalea cochenillifera* donde se obtuvo 1.18 % de cenizas a partir del *m. LT*. Otros estudios con corderos han reportado valores que oscilan entre 1 a 1.5 % (Costa *et al.*, 2018; Zeola *et al.*, 2021; Di Grigoli *et al.*, 2019), estos estudios destacan que las fluctuaciones se deben principalmente a la edad o peso de los corderos y al tipo de alimentación.

Estudios han reportado que el porcentaje de proteína del músculo puede oscilar entre el 17 y 23 % con variaciones dependiendo de la edad y el genotipo de los corderos (Corazzin *et al.*, 2019). Un estudio realizado en corderos (20 kg) donde se procesaron muestras del LD se reportó un 23.67 % de proteína (Zeola *et al.*, 2021), mientras que en corderos (21 kg) suplementados con masa de licuri (palmera) se encontró un 19.7% de proteína en el *m. LL*.

Nieto (2013) reportó 21.6% de proteína (*m. LD*) en corderos suplementados con tomillo. Mientras que en corderos pesados (47 kg) alimentados con una dieta alta en concentrado el porcentaje de proteína (*m. LD*) fue de 21.5% (Jacques *et al.*, 2017). Sin embargo, en corderos livianos (16 kg) suplementados con AF se reportó un 17.68%, lo cual difiere del valor reportado en el presente estudio (20.54%). Lo anterior, hace suponer que el contenido de proteína de la carne también puede verse afectado por el grado de madurez fisiológica de los animales y el tipo de alimentación.

Se ha reportado que el contenido de grasa intramuscular en el LD de los corderos puede variar entre 1.5 a 9.5%, principalmente debido al peso del animal (12 a 40 kg) y el porcentaje de concentrado en la dieta (Corazzin *et al.*, 2019). Cuando la cantidad de grano o concentrado en la dieta se incrementa desde etapas tempranas del sistema de engorda, es posible lograr una mayor deposición

de grasa intramuscular. De manera contraria, cuando los animales son alimentados con una mayor proporción de forraje en la dieta, o bien se usa el concentrado en la etapa final de la engorda cuando el animal ya terminó su curva de crecimiento, es difícil obtener una adecuada deposición de grasa intramuscular (Ponnampalam *et al.*, 2014). Por otro lado, Valenzuela-Grijalva *et al.* (2017) mencionaron que según las evidencias de varios estudios con compuestos fitogénicos en rumiantes, se ha observado que estos compuestos no reducen el contenido de grasa intramuscular como sucede con los promotores de crecimiento de tipo sintéticos ( $\beta$ -AA).

Respecto al contenido de grasa intramuscular, nuestros resultados (4.02%) concuerdan con lo que se reportó para corderos (*m. LD*) suplementados con extracto de orégano (4.29%) (Zeola *et al.*, 2021), así como con los reportados en la carne (LL) de corderos pesados (40 kg) añejada por 14 d (4.77%) (Rant *et al.*, 2019). Mientras que en corderos pesados (47 kg) alimentados *ad libitum* con dieta alta en concentrado fue menor (3.2%) (Jacques *et al.*, 2017).

#### 6.4.2 Perfil de Ácidos Grasos

Los resultados del perfil de ácidos grasos del LT se encuentra en el Cuadro 8. Así mismo, las sumatorias de ácidos grasos y los índices nutrimentales de la grasa intramuscular se muestran en el Cuadro 9. Respecto al contenido de ácidos grasos individuales, se encontraron diferencias entre tratamientos en el ac. palmitoleico (C16:1), ac. margárico (C17:0) y ac. linolénico (C20:3n6) ( $P < 0.05$ ). Además de una tendencia para ac. esteárico (C18:2n6t) ( $P=0.054$ ), hacia una menor proporción. Sin embargo, es necesario destacar que los ácidos grasos señalados se encuentran en una proporción pequeña respecto a otros no significativos, entre tratamientos se encuentran en una proporción muy pequeña, observándose una concentración aún menor en la carne de animales suplementados con AF. Los ácidos grasos detectados en mayor proporción fueron, de los saturados el C16:0 (23%), el monoinsaturado C18:1 cis9 (42%), y el AGP C18:2 cis6 (5%).

Respecto a las sumas parciales de ácidos grasos y los índices nutrimentales de la grasa intramuscular, no se observaron diferencias entre tratamientos ( $P>0.05$ ). En promedio se encontró un total de AGS de 44%, 47% de AGM y alrededor de 9% de AGP, en ambos tratamientos.

El consumidor identifica o asocia la calidad de la carne no solo en la terneza y el color, también

con el contenido de grasa de ésta. Los ácidos grasos son el componente principal de la grasa, en base a ellos la carne puede presentar distintas características organolépticas y nutricionales. Por ejemplo, el ácido linoleico conjugado (C18:2 cis9 trans11) está relacionado con importantes efectos benéficos a la salud, así como propiedades organolépticas, reducción de grasa corporal y en la función inmune. Es importante mencionar que, en la carne de rumiantes la concentración de ácido linoleico (C18:2n-6) y C18:3n-3, es baja debido a la biohidrogenación que sufren los ácidos grasos en el tracto digestivo por efecto de la microbiota ruminal. Por esta razón, la modificación del perfil lipídico de la carne en rumiantes a través de la dieta es difícil, a diferencia de las modificaciones favorables que pueden lograrse en monogástricos (Budimir *et al.*, 2020; Corazzin *et al.*, 2019; Díaz *et al.*, 2005).

Con el propósito de guiar a los consumidores sobre el consumo de grasas saludables, instituciones de salud de diversos países han recomendado que la relación de AGP/AGS debería estar en la dieta en un rango de 0.45 a 0.65 para tener efectos a la salud favorables, mientras que para el índice nutricional n6/n3 se menciona que no debe exceder de 4.0 (Department of Health, 1994). Los valores observados en el presente estudio de la relación AGP/AGS se encuentran dentro del rango recomendado por dicho departamento de salud. Sin embargo, la relación n6/n3 excede (alrededor de 12) al valor de 4 de dicha recomendación. Este valor tan alto de la relación n6/n3 en nuestro estudio, es atribuido al bajo contenido de ácidos grasos n3 detectados. Sin embargo, de manera general la composición lipídica de la grasa intramuscular de la carne de los corderos del presente estudio, podría considerarse sin riesgo para el consumidor, siempre y cuando sea consumida en porciones moderadas y esporádicas.

Los resultados obtenidos en el perfil de ácidos grasos del presente estudio concuerdan con lo reportado por Di Grigoli *et al.* (2019) quien también suplementó con AF a corderos (16 kg), en sus resultados se ve una disminución en el ac. palmítico (16:1), ac. margárico (C17:0) y ac. linolénico (C20:3n6), tal como ocurrió en el presente estudio. Respecto a la sumatoria de AG, reportó un aumento de AGM mientras que la sumatoria de AGS y AGP se mantuvieron sin cambio.

En otro estudio donde se suplementaron corderos con extractos de especies aromáticas, se presentó una disminución en los AGS, y se presentó un aumento considerable en el ácido oleico. En este mismo estudio, se reportó una disminución en los AGP, así como un aumento en los AGM (Realini *et al.*, 2017). Francisco *et al.* (2018) reportaron que con el uso de pulpa deshidratada de cítricos se disminuyó considerablemente los AG insaturados y AGM, mientras que se observó un aumento en los AGP.

Cuadro 8. Perfil de ácidos grasos<sup>1</sup> del *m. Longissimus thoracis* de corderos pesados en finalización, suplementados con ácido ferúlico.

Tratamiento	Testigo	AF <sup>2</sup>	EEM <sup>3</sup>	Valor de P
<i>Ácido Graso, %</i>				
C:10:0	0.13	0.134	0.008	0.758
C12:0	0.088	0.106	0.010	0.280
C14:0	2.25	2.10	0.132	0.478
C14:1	0.664	0.588	0.073	0.506
C15:0	0.551	0.542	0.047	0.893
C15:1	1.28	1.45	0.111	0.334
C16:0	23.30	22.38	0.497	0.260
C16:1	2.70	2.21	0.101	0.013
C17:0	1.64	1.48	0.033	0.008
C17:1	1.00	0.892	0.061	0.256
C18:0	15.43	16.14	0.319	0.152
C18:1 $\omega$ 9c	42.52	42.21	0.778	0.795
C18:2 $\omega$ 6t	0.505	0.400	0.031	0.054
C18:2 $\omega$ 6c	5.43	5.23	0.304	0.668
C18:3 $\omega$ 3	0.420	0.387	0.032	0.542
C20:1 $\omega$ 9	0.166	0.214	0.023	0.214
C20:2	0.356	0.332	0.033	0.629
C20:3 $\omega$ 6	2.084	1.71	0.093	0.023
C20:5 $\omega$ 3	0.25	0.317	0.050	0.419
C24:0	0.386	0.356	0.048	0.648

<sup>1</sup>Los valores son la media de 6 unidades experimentales por tratamiento, expresados como porcentaje del total de ácidos grasos detectados; <sup>2</sup>AF: Suplementación de 300 mg de ácido ferúlico/kg de alimento. <sup>3</sup>EEM: error estándar de la media.

Cuadro 9. Sumatorias de los ácidos grasos<sup>1</sup> e índices nutricionales del *m. Longissimus thoracis* de corderos pesados en finalización, suplementados con ácido ferúlico.

Tratamiento	Testigo	AF <sup>2</sup>	EEM <sup>3</sup>	Valor de P
<i>Variable, %</i>				
$\sum$ AGS	44.36	45.06	0.938	0.612
$\sum$ AGM	47.08	46.64	0.734	0.681
$\sum$ AGP	9.16	8.29	0.374	0.138
AGM/AGS	1.06	1.03	0.037	0.638
AGP/AGS	0.208	0.182	0.057	0.288
$\sum$ n-3	0.666	0.648	0.080	0.879
$\sum$ n-6	8.11	7.39	0.345	0.207
$\sum$ n-6/ $\sum$ n-3	12.46	11.89	1.31	0.777

AGS= Ácidos grasos saturados, AGM= Ácidos grasos monoinsaturados, AGP= Ácidos grasos polinsaturados. <sup>1</sup>Los valores son la media de 6 unidades experimentales por tratamiento, expresados como porcentaje del total de ácidos grasos detectados; <sup>2</sup>AF: Suplementación de 300 mg de ácido ferúlico/kg de alimento. <sup>3</sup>EEM: error estándar de la media.

## 7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La suplementación de AF en una dosis de 300 mg/kg de alimento en corderos pesados (34 kg) por un periodo de 40 d, no presentó beneficios adicionales a la dieta alta en concentrado en el desempeño productivo, calidad de la canal y rendimiento de cortes primarios de los corderos, por lo que no se manifestó un efecto promotor de crecimiento observado en otros estudios de manera moderada en corderos de pelo con un peso vivo más bajo (25 kg).

Con respecto a la calidad de la carne, de acuerdo a las características químicas y biológicas del AF, se esperaba que la suplementación de este compuesto promoviera un efecto positivo en la actividad antioxidante, no obstante esto no sucedió, ya que no se presentaron cambios favorables en el color de la carne, ni en los demás parámetros fisicoquímicos.

La composición química proximal de la carne y el perfil de ácidos grasos no fueron afectados por la suplementación de AF. En el perfil de ácidos grasos, los porcentajes de algunos ácidos grasos individuales fueron reducidos por efecto de la suplementación de ácido ferúlico.

Por lo anterior, se recomienda realizar más estudios donde se evalúe el uso de este compuesto a mayor tiempo de exposición, variaciones de peso vivo propuesto en este estudio y el uso de distintas dosis. Adicional a esto, se propondría realizar estudio de vida de anaquel para evaluar una posible actividad antioxidante del ácido ferúlico suplementado en corderos pesados.

## 8. BIBLIOGRAFÍA

- Ablikim, B., Liu, Y., Kerim, A., Shen, P., Abdurerim, P., & Zhou, G. 2016. Effects of breed, muscle type, and frozen storage on physico-chemical characteristics of lamb meat and its relationship with tenderness. *CyTA - Journal of Food*, 14(1), 109-116.
- AOAC. 1990. *Official methods analysis*, 15th ed. Washington: B.
- Aillón, G. 2018. Evaluación de un prebiótico y aceites esenciales como alternativas a los antibióticos promotores de crecimiento en pollos de engorde, sobre parámetros productivos, morfología y pH intestinal (Tesis de Licenciatura). Universidad Central Del Ecuador, Quito.
- Alcala, A. P. 2018. Comportamiento productivo de pollo de engorda alimentado con dietas adicionadas con ácido ferúlico (Tesis de Maestría). Universidad Autónoma de Chihuahua, Chihuahua.
- AMSA. 1995. *Research Guidelines for Cookery, Sensory Evaluation, and Instrumental Tenderness Measurements of Fresh Meat*. American Meat Science Association. U. S. A.
- Amanzougarene, Z., Yuste, S., Vega, A., & Fondevilla, M. 2017. Efecto de la inclusión de aceites esenciales en dietas para el cebo de terneros sobre la fermentación in vitro de cebada. XVII Jornadas sobre Producción Animal: Zaragoza, 30 y 31 de mayo de 2017, t. 1, p. 258-260
- Ayeb N, Ghrab A, Barmat A., et al. (2016) Chemical and tissue composition of meat from carcass cuts of local goats affected by different feeding in Tunisian arid lands. *Turk J Vet Anim Sci*, 40:95–101
- Avendaño-Reyes, L., Macías-Cruz, U., Álvarez-Valenzuela, F. , Águila-Tepato, E., Torrentera-Olivera, N. G., & Soto-Navarro, S. A. 2011. Effects of zilpaterol hydrochloride on growth performance, carcass characteristics, and wholesale cut yield of hair-breed ewe lambs consuming feedlot diets under moderate environmental conditions. *Journal of Animal Science*, 89(12), 4188-4194.
- Avendaño-Reyes, L., Torres-Rodríguez, V., Meraz-Murillo, F. J., Pérez-Linares, C., Figueroa-Saavedra, F., & Robinson, P. H. 2006. Effects of two  $\beta$ -adrenergic agonists on finishing performance, carcass characteristics, and meat quality of feedlot steers. *Journal of animal science*, 84(12), 3259-3265.
- Baltes, W., 2007. *Química de los Alimentos*. Acribia, España. 634 p.
- Banovic, M., Grunert, K. G., Barreira, M. M., & Fontes, M. A. 2009. Beef quality perception at the point of purchase: A study from Portugal. *Food Quality and Preference*, 20, 335–342.
- Belhaj, K., Mansouri, F., Tikent, A., Taaifi, Y., Boukharta, M., Serghini, H. C., & Elamrani, A.. 2021. Effect of Age and Breed on Carcass and Meat Quality Characteristics of Beni-Guil and Ouled-Djellal Sheep Breeds. *The Scientific World Journal*, 2021, e5536793.
- Benchaar, C., Calsamiglia, S., Chaves, A. V., Fraser, G. R., Colombatto, D., McAllister, T. A., & Beauchemin, K. A. 2008. A review of plant-derived essential oils in ruminant nutrition and production. *Animal Feed Science and Technology*, 145(1), 209-228.
- Berge, P., Sañudo, C., Sanchez, A., Alfonso, M., Stamataris, C., Thorkelsson, G., Piasentier, E.,

- Fisher, A.V. 2003. Comparison of muscle composition and meat quality traits in diverse commercial lamb types. *Journal of Muscle Foods*, 14, 281–300.
- Berthelot, V., Domange, C. 2018. La qualité de la viande de petits ruminants. In: Berthelot, V. (Ed.), *Alimentation des animaux et qualité de leurs produits*. Lavoisier, Paris, France, pp. 275–307.
- Berthelot, V., Gruffat, D. 2018. Fatty acid composition of muscle. In: Sauvante, D., Delaby, L., Nozière, P. (Eds.), *INRA Feeding System for ruminants*. Wageningen Academic Publishers, Wageningen, NL, pp. 193–202.
- Bligh, E. G. y Dyer, W. J. 1959. A rapid method of total lipid extraction and purification. *Canadian Journal of Biochemistry and Physiology*. 37(8): 911-917.
- Bourne, L. C., Rice-Evans, C. 1998. Bioavailability of ferulic acid. *Biochem. Biophys. Res. Commun.* 253(2): 222-227.
- Bray, A., Graafhuis, A. & Chrystall, B. 1989. The cumulative effect of nutritional, shearing and preslaughter washing stresses on the quality of lamb meat. *Meat Science*, 25(1), 59-67.
- Brito, G., Ponnampalam, E., & Hopkins, D. 2017. The Effect of Extensive Feeding Systems on Growth Rate, Carcass Traits, and Meat Quality of Finishing Lambs. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 16(1), 23-38.
- Brown, K., Uwiera, R. R. E., Kalmokoff, M. L., Brooks, S. P. J., & Inglis, G. D. 2017. Antimicrobial growth promoter use in livestock: A requirement to understand their modes of action to develop effective alternatives. *International Journal of Antimicrobial Agents*, 49(1), 12-24.
- Budimir, K., Mozzon, M., Toderi, M., D'Ottavio, P. & Trombetta, M. 2020. Effect of Breed on Fatty Acid Composition of Meat and Subcutaneous Adipose Tissue of Light Lambs. *Animals*, 10(3), 535.
- Cam, M., Olfaz, M., Kirikci, K., Tufekci, H., & Mercan, L. 2021. Effects of pre-slaughter stress on meat quality characteristics of male lambs of Hemsin and Of sheep breeds. 15.
- Camacho, A., Torres, A., Capote, J., Mata, J., Viera, J., Bermejo, L. A. & Argüello, A. 2017. Meat quality of lambs (hair and wool) slaughtered at different live weights. *Journal of Applied Animal Research*, 45(1), 400-408.
- Cannas, A., Tedeschi, L. O., Atzori, A. S., & Lunesu, M. F. 2019. How can nutrition models increase the production efficiency of sheep and goat operations? *Animal Frontiers*, 9(2), 33-44.
- Cardozo, P. W., Calsamiglia, S., Ferret, A., & Kamel, C. 2006. Effects of alfalfa extract, anise, capsicum, and a mixture of cinnamaldehyde and eugenol on ruminal fermentation and protein degradation in beef heifers fed a high-concentrate diet<sup>1</sup>. *Journal of Animal Science*, 84(10), 2801-2808.
- Carranza, G. R. 2015. Respuesta de un promotor de crecimiento en cerdos landrace x pietrain en la fase de crecimiento (Tesis de Licenciatura). Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Ecuador.
- Cassens, R., Demeyer, D., Eikelenboom, G., Honikel, K., Johansson, G., Nielsen, T., Renner, M., Richardson, I. y Sakata, R. 1995. Recommendation of reference methods for meat color (Vol.

41). San Antonio, USA.

- Casassa, F., Sari, S. 2006. Aplicación del Sistema Cie-Lab a los vinos tintos. Correlación con algunos parámetros tradicionales. *Revista Enología*, 5:56-62.
- Cayetano-De-Jesus, J. A., Rojo-Rubio, R., Grajales-Lagunes, A., Avendaño-Reyes, L., Macias-Cruz, U., Gonzalez-del-Prado, V., Olmedo-Juárez, A., Chay-Canul, A., Roque-Jiménez, J. A., & Lee-Rangel, H. A. 2020. Effect of Zilpaterol Hydrochloride on Performance and Meat Quality in Finishing Lambs. *Agriculture*, 10(6), 241.
- Cayetano-De-Jesus, J.. 2021. Efecto del clorhidrato de zilpaterol sobre parámetros productivos, características de canal y calidad de la carne en ovinos [Tesis Doctoral, Universidad Autónoma de San Luis Potosí].
- Celia, C., Cullere, M., Gerencsér, Zs., Matics, Zs., Tasoniero, G., Dal Bosco, A., Giaccone, V., Szendrő, Zs., & Dalle Zotte, A. 2016. Effect of pre- and post-weaning dietary supplementation with Digestarom® herbal formulation on rabbit carcass traits and meat quality. *Meat Science*, 118, 89-95.
- Chang, M., Chen, J., Feng, Y. 1993. Pharmacokinetic study of ferulic acid in rats. *J Chin Med Mat.* 18: 300-304.
- Chikwanha, O.C., Vahmani, P., Muchenje, V., Dugan, M.E.R., Mapiye, C. 2018. Nutritional enhancement of sheep meat fatty acid profile for human health and wellbeing. *Food Research International*, 104, 25–38.
- Ciria, J., & Asenjo, B. 2000. Factores a considerar en el presacrificio y postsacrificio. Metodología para el estudio de la calidad de la canal y de la carne en rumiantes. Monografías INIA: Ganadería nº 1. Madrid, España, 23-30.
- Coelho, E. R., Cunha, M. V., Santos, M. V. F., Férrer, J. P., Silva, J. R. C., Torres, T. R., Silva, D. K. A., Azevedo, P. S., Naumann, H. D., Queiroz, L. M. D., Silva, A. H., & Souza, E. J. O. 2020. Phytogetic additive to improve nutrient digestibility, carcass traits and meat quality in sheep finished on rangeland. *Livestock Science*, 241, 104268.
- Corazzin, M., Del Bianco, S., Bovolenta, S. & Piasentier, E.. 2019. Carcass Characteristics and Meat Quality of Sheep and Goat. En J. M. Lorenzo, P. E. S. Munekata, F. J. Barba, & F. Toldrá (Eds.), *More than Beef, Pork and Chicken – The Production, Processing, and Quality Traits of Other Sources of Meat for Human Diet* (pp. 119-165). Springer International Publishing.
- Costa, J., Oliveira, R., Silva, T., Barbosa, A., Borja, M., Pellegrini, C., Oliveira, V., Ribeiro, R. & Bezerra, L.. 2018. Fatty acid, physicochemical composition and sensory attributes of meat from lambs fed diets containing licuri cake. *PLOS ONE*, 13(11), e0206863.
- Clavijo, O., & Andrés, J. 2018. Características de la pubertad en ovinos machos de pelo colombiano y sus cruces con Katahdin y Santa Inés en Villavicencio, Meta (Tesis de Licenciatura). Universidad La Salle, Colombia.
- Da Silva, C. S., de Souza, E. J. O., Pereira, G. F. C., Cavalcante, E. O., de Lima, E. I. M., Torres, T. R., . . . da Silva, D. C. 2017. Plant extracts as phytogetic additives considering intake, digestibility, and feeding behavior of sheep. *Tropical animal health and production*, 49(2), 353-359.



- Dawood, M. A. O., Metwally, A. E.-S., El-Sharawy, M. E., Ghozlan, A. M., Abdel-Latif, H. M. R., Van Doan, H., & Ali, M. A. M. 2020. The influences of ferulic acid on the growth performance, haemato-immunological responses, and immune-related genes of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) exposed to heat stress. *Aquaculture*, 525, 735320.
- Dey, A., Misra, S., Dahiya, S., Balhara, A., Kumar, K., Das, A., Imaz, J. A. 2017. Essential Oils as Phyto-genic Feed Additive: Potential Benefits on Environment, Livestock Health and Production. *International Journal of Economic Plants*, 4(4), 177-181.
- Di Grigoli, A., Bonanno, A., Ashkezary, M. R., Laddomada, B., Alabiso, M., Vitale, F., Mazza, F., Maniaci, G., Ruisi, P., & Di Miceli, G. 2019. Meat production from dairy breed lambs due to slaughter age and feeding plan based on wheat bran. *Animals*, 9(11).
- Díaz, M., Álvarez, I., De la Fuente, J., Sañudo, C., Campo, M., Oliver, M., Furnols, M., Montossi, F., San Julián, R., Nute, G. & Cañeque, V. 2005. Fatty acid composition of meat from typical lamb production systems of Spain, United Kingdom, Germany and Uruguay. *Meat Science*, 71(2), 256-263.
- Faustman, C., Sun, Q., Mancini, R., & Suman, S. P. 2010. Myoglobin and lipid oxidation interactions: Mechanistic bases and control. *Meat Science*, 86, 86-94.
- Favaretto, J. A., Alba, D. F., Marchiori, M. S., Marcon, H. J., Souza, C. F., Baldissera, M. D., Bianchi, A. E., Zanluchi, M., Klein, B., Wagner, R., Vedovatto, M., & Da Silva, A. S. 2020. Supplementation with a blend based on micro-encapsulated carvacrol, thymol, and cinnamaldehyde in lambs feed inhibits immune cells and improves growth performance. *Livestock Science*, 240, 104144.
- Flachowsky, G, Lebzien, P. 2012. Effects of phyto-genic substances on rumen fermentation and methane emissions: A proposal for a research process. *Anim. Feed. Sce. Tech.* 176 (1-4): 70-77.
- Flores, L., Usca, J., Peñafiel, S., & Tello, L. 2020. Probióticos Como Aditivos Dietéticos Para Cerdos. Una Revisión/Probiotics as Dietetic Additives for Pigs. A Review. *The Engineering*, 2020, 477-499.
- Francisco, A., Alves, S., Portugal, P., Dentinho, M., Jerónimo, E., Sengo, S., Almeida, J., Bressan, M. C., Pires, V., Alfaia, C., Prates, J., Bessa, R. & Santos-Silva, J. 2018. Effects of dietary inclusion of citrus pulp and rockrose soft stems and leaves on lamb meat quality and fatty acid composition. *Animal*, 12(4), 872-881.
- García-González, R., López, S., Fernández, M., & González, J. S. 2006. Effects of the addition of some medicinal plants on methane production in a rumen simulating fermenter (RUSITEC). *International Congress Series*, 1293, 172-175.
- Gonzales-Barron, U., Popova, T., Bermúdez, R., Tolsdorf, A., Geb, A., Pires, J., Domínguez, R., Chiesa, F., Brugiapaglia, A., Viola, I., Battaglini, L. M., Baratta, M., Lorenzo, J. & Cadavez, V.. 2021. Fatty acid composition of lamb meat from Italian and German local breeds. *Small Ruminant Research*, 200, 106384.
- Gonzalez, R. M., & Angeles, H. J. 2017. Antibiotic and synthetic growth promoters in animal diets: Review of impact and analytical methods. *Food Control*, 72, 255-267.
- González Rios, H., Valenzuela G., N. V., Valenzuela M., M., & Torrescano, G. 2012. Efecto de la

estrategia de implante con zeranol y maduración post-mortem sobre la fuerza de corte de la carne de corderos mestizos de pelo corto.

- González-Noriega, J. A. G. 2016. Efecto de la suplementación dietaria de ácido ferúlico en el comportamiento productivo, calidad de la canal y carne de cerdo (Tesis de maestría). CIAD. Hermosillo, Sonora, México.
- González-Ríos, H., Dávila-Ramírez, J. L., Peña-Ramos, E. A., Valenzuela-Melendres, M., Zamorano-García, L., Islava-Lagarda, T. Y., & Valenzuela-Grijalva, N. V. 2016. Dietary supplementation of ferulic acid to steers under commercial feedlot feeding conditions improves meat quality and shelf life. *Animal Feed Science and Technology*, 222, 111-121.
- Gorewit, R.C. 1983. Pituitary and thyroid hormone responses of heifers after ferulic acid administration. *J. Dairy Sci.* 66, 624–633.
- Hamm, R. 1960. Biochemistry of meat hidrattation. *Adv. Food Res.*, 10, pp 355.
- Hernández-Cruz, L., Ramírez-Bribiesca, J., Guerrero-Legarreta, M., Hernández-Mendo, O., Crosby-Galvan, M. & Hernández-Calva, L.. (2009). Effects of crossbreeding on carcass and meat quality of Mexican lambs. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, 61(2), 475-483.
- Hill, F. (1966). The solubility of intramuscular collagen in meat animals of various ages. *Journal of food science*, 31(2), 161-166
- Hirata, A., Fernandes, A., Fuzikawa, I., Junior, F., Ricardo, H., Cardoso, C., Alves, L. & Zagonel, N.. 2019. Meat quality of Pantaneiro lambs at different body weights. *Semina: Ciências Agrárias*, 40(1), 427-442.
- Hope-Jones, M., Strydom, P. E., Frylinck, L., & Webb, E. C. 2012. Effect of dietary beta-agonist treatment, vitamin D3 supplementation and electrical stimulation of carcasses on colour and drip loss of steaks from feedlot steers. *Meat Science*, 90(3), 607-612.
- Hopkins, D., Stanley, D., Martin, L., Toohey, E., Gilmour, A.. 2007. Genotype and age effects on sheep meat production 3. Meat quality. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 47(10), 1155-1164.
- Hopkins, D., Walker, P., Thompson, J., Pethick, D.. 2005. Effect of sheep type on meat and eating quality of sheep meat. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 45(5), 499-507.
- Jacques, J., Chouinard, P., Gariépy, C. & Cinq-Mars, D.. 2017. Meat quality, organoleptic characteristics, and fatty acid composition of Dorset lambs fed different forage to concentrate ratios or fresh grass. *Canadian Journal of Animal Science*, 97(2), 290-301.
- Jiménez, C. I. E., Martínez, E. Y. C. y Fonseca, J. G. 2009. Flavonoides y sus acciones antioxidantes. *Rev Fac Med UNAM*, 52(2).
- Johnson, B., Smith, B. S., & Chung, K. J. 2014. Historical Overview of the Effect of  $\beta$ -Adrenergic Agonists on Beef Cattle Production. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 27(5), 757-766.
- Kett, L. 2018. Evaluation of the Interaction of Beta-Adrenergic Agonists Supplementation and Heat Stress on Growth Performance and Carcass Composition in Feeder Lambs (Theses and Dissertations in Animal Science). Universidad de Nebraska, Lincoln, Nebraska. USA.

- Kikuzaki, H., Hisamoto, M., Hirose, K., Akiyama, K., Taniguchi, H. 2002. Antioxidant properties of ferulic acid and its related compounds. *J. Agric. Food Chem.* 50(7): 2161-2168.
- Kroon, P. A., Faulds, C. B., Ryden, P., Robertson, J. A., Williamson, G. 1997. Release of covalently bound ferulic acid from fiber in the human colon. *J. Agric. Food. Chem.* 45(3): 661-667.
- Lawrie, R.A. 1998. *Lawrie's Meat Science*, 4th ed, Zaragoza. España, pp. 91-156.
- Li, Y. J., Li, L. Y., Li, J. L., Zhang, L., Gao, F., & Zhou, G. H. 2015. Effects of Dietary Supplementation with Ferulic Acid or Vitamin E Individually or in Combination on Meat Quality and Antioxidant Capacity of Finishing Pigs. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 28(3), 374-381.
- Libián-Jiménez, Y., Mariezcurrena-Berasain, M., Fuente, J., Kholif, A., Vaca-Paulín, R. & Mariezcurrena-Berasain, M.. 2015. Effect of organic selenium supplementation in the diets of finishing sheep on meat color and pH during shelf life. *Indian Journal of Animal Research*, OF.
- Lima, T., Ribeiro, N., Costa, R., Medeiros, G., Medeiros, A., Sousa, S., Queiroga, R., Pérez, M., Barba, F., & Lorenzo, J. M.. 2019. Optimizing the use of spineless cactus in the finishing diet of lambs: Physicochemical properties and sensory characteristics of meat: Spineless cactus effects on lamb meat traits. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 99.
- Liu, Y., Espinosa, D. C., Abelilla, J. J., Casas, A. G., Lagos, L. V., Lee, A. S., Kwon, B. W., Mathai, K. J., Navarro, M. D., Jaworski, W. N., & Stein, H. H. 2018. Non-antibiotic feed additives in diets for pigs: A review. *Animal Nutrition*, 4(2), 113-125.
- Macías-Cruz, U., Perard, S., Vicente, R., Álvarez, F. D., Torrentera-Olivera, N. G., González-Ríos, H., Soto-Navarro, S. A., Rojo, R., Meza-Herrera, C. A., & Avendaño-Reyes, L. 2014. Effects of free ferulic acid on productive performance, blood metabolites, and carcass characteristics of feedlot finishing ewe lambs. *Journal of Animal Science*, 92(12), 5762-5768.
- Macedo, R., & Aguilar, L. A. 2005. Productive performance of confined Pelibuey lambs fed a mixed diet based on agro-industrial by-products and crop residues. *Livestock Research for Rural Development*, 17.
- Mader, T., & Arias, R. 2016. Implantes promotores de crecimiento en ganado de carne y el riesgo potencial de contaminación ambiental. <https://www.engormix.com/ganaderia-carne/articulos/implantes-promotores-crecimiento-ganado-t39070.htm>. Publicado el 12/09/2016.
- Martínez, E. 2020. Factores que influyen en las características productivas y de la canal de corderos para abasto. *SADER*.
- Matsushita, M., Cruz, A., Gomes, S., Macedo, F., Visentainer, S., & Souza, N. 2010. Influence of slaughter weight on the proximate composition and fatty acid profile of feedlot-fattened lamb meat. *Acta Scientiarum. Technology*, 32(3), 315-318.
- Mazhangara, I. R., Chivandi, E., Mupangwa, J. F., & Muchenje, V. 2019. The Potential of Goat Meat in the Red Meat Industry. *Sustainability*, 11(13), 3671.
- McGeehin, B., Sheridan, J. & Butler, F.. 2001. Factors affecting the pH decline in lamb after slaughter. *Meat Science*, 58(1), 79-84.

- Michalk, D. L., Kemp, D. R., Badgery, W. B., Wu, J., Zhang, Y., & Thomassin, P. J. 2019. Sustainability and future food security—A global perspective for livestock production. *Land Degradation & Development*, 30(5), 561-573.
- Miguélez E, Zumalacárregui JM, Osorio MT et al (2008) Quality traits of suckling-lamb meat covered by the protected geographical indication “Lechazo de Castilla y León” European quality label. *Small Ruminant Res.*, 77:65–70.
- Montossi, F., Font-i-Furnols, M., del Campo, M., San Julian, R., Brito, G., Sañudo, C. 2013. Sustainable sheep production and consumer preference trends: compatibilities, contradictions, and unresolved dilemmas. *Meat Science*, 95, 772–789.
- Moreno-Cáñez, E., Ortega-García, C., Cáñez-Carrasco, M. G., & Peñuñuri-Molina, F. 2013. Evaluación del comportamiento posdestete en corral de futuros sementales ovinos de raza Katahdin y Pelibuey en Sonora: *TECNOCENCIA Chihuahua*, 7(1), 7-16.
- Morgado, A., Nunes, G., Bôas, B., Carvalho, P., Rodrigues, P., Susin, I., Sucupira, M. & Pereira, A. 2018. Meat quality of lambs supplemented with intramuscular vitamin E. *Pesquisa Veterinária Brasileira*, 38, 679-684.
- Nieto, G. 2013. Incorporation of by-products of rosemary and thyme in the diet of ewes: Effect on the fatty acid profile of lamb. *European Food Research and Technology*, 236(2), 379-389.
- NOM-051-ZOO-1995. 1995. Norma Oficial Mexicana NOM-051-ZOO-1995, Trato Humanitario En La Movilización De Animales.
- NOM-033-SAG/ZOO-2014. 2014. Norma Oficial Mexicana NOM-033-SAG/ZOO-2014, Métodos Para Dar Muerte A Los Animales Domésticos Y Silvestres.
- Novoselec, J., Šalavardić, Ž. K., Samac, D., Ronta, M., Steiner, Z., Sičaja, V. & Antunović, Z. 2021. Slaughter Indicators, Carcass Measures, and Meat Quality of Lamb Fattened with Spelt (*Triticum aestivum* spp. *Spelta* L.). *Foods*, 10(4), 726.
- NRC 2007. Nutrient requirements of small ruminants: sheep, goats, cervids, and new world camelids. In National research council.
- Ocak, S., Ogun, S., Yilmaz, O., Ocak, S., Ogun, S., & Yilmaz, O. 2016. Dorper sheep utilizing feed resources efficiently: A Mediterranean case study. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 45(8), 489-498.
- Ortiz, R. A., Barbosa, A. M., Partida, P. J., & González, R. M. 2016. Effect of zilpaterol hydrochloride on animal performance and carcass characteristics in sheep: A meta-analysis. *Journal of Applied Animal Research*, 44(1), 104-112.
- Ou, S., Kwok, K. C. 2004. Ferulic acid: pharmaceutical functions, preparation and applications in foods. *J. Sci. Food Agric.* 84(11): 1261-1269.
- Parés-Casanova, P. M. 2013. Morphometric dimensions allow differentiation of lamb carcasses for some breeds. *Egyptian Journal of Sheep and Goats Sciences*, 8 (1), 1-4.
- Parente, M., Rocha, K., Bessa, R., Parente, H., Zanine, A., Machado, N., Lourenço, J., Bezerra, L., Landim, A. & Alves, S. P. 2020. Effects of the dietary inclusion of babassu oil or buriti oil on lamb performance, meat quality and fatty acid composition. *Meat Science*, 160, 107971.
- Park, P. y Goins, R. 1994. In situ preparation of fatty acid methyl esters for analysis of fatty acid

composition in foods. *Journal of Food Science*, 59(6), 1262-1266.

- Parr, T., Mareko, H. M., Ryan, J. K., Hemmings, M. K., Brown, M. D., & Brameld, M. J. 2016. The impact of growth promoters on muscle growth and the potential consequences for meat quality. *Meat Science*, 120, 93-99.
- Partida, J., Braña Varela, D., Jiménez Severiano, H., Ríos Rincón, F. & Buendía Rodríguez, G. 2013. Producción de carne ovina.
- Partida, A., Vázquez, E., Rubio, M., & Mendez, D. 2012. Effect of Breed of Sire on Carcass Traits and Meat Quality of Katahdin Lambs. *Journal of Food Research*, 1.
- Parvar, R., Ghoorchi, T., Kashfi, H., & Parvar, K. 2018. Effect of *Ferulago angulata* (Chavil) essential oil supplementation on lamb growth performance and meat quality characteristics. *Small Ruminant Research*, 167, 48-54.
- Pfalzgraf, A., Frigg, M. y Steinhart, H. 1995. Alpha-tocopherol contents and lipid oxidation in pork muscle and adipose tissue during storage. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 43(5), 1339-1342.
- Peña-Torres, E., Dávila Ramírez, J. L., Peña-Ramos, E., Valenzuela-Melendres, M., Pinelli-Saavedra, A., Avendaño-Reyes, L., & Ríos, H. 2020. Effects of dietary ferulic acid on growth performance, carcass traits and meat quality of heifers. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 101.
- Peña-Torres, E. F. 2019. Suplementación de ácido ferúlico y clorhidrato de zilpaterol como promotores de crecimiento en ovinos en finalización (Tesis Doctoral). Centro de investigación en alimentación y desarrollo. Hermosillo, Sonora, México.
- Pérez, V. R., Macías Cruz U., Avendaño Reyes L., Correa-Calderón A., López Baca M. & Lara Rivera A. 2020. Impacto del estrés por calor en la producción de ovinos de pelo. Revisión. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 11(1), 205-222.
- Pérez, A.. 2019. Calidad De La Canal Y Carne De Corderos F1 Katahdin X Pelibuey Alimentados Con Forraje Y Concentrado. Tecnológico Nacional de México.
- Pethick, D., Davidson, R., Hopkins, D., Jacob, R., D'Souza, D., Thompson, J., Walker, P. 2005. The effect of dietary treatment on meat quality and on consumer perception of sheep meat eating quality. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 45(5), 517-524.
- Platt J., Anderson, M.J., y Johnson B. 2012. The effect of ferulic acid on myogenic regulators of growth in bovine satellite cells. Texas Tech University Undergraduate Research Conference, Texas.
- Ponnampalam E.N, Butler K.L., Pearce K.M., Mortimer S.I., Pethick D.W., Ball A.J., & Hopkins D.L. 2014. Sources of variation of health claimable long chain omega-3 fatty acids in meat from Australian lamb slaughtered at similar weights. *Meat Science* 96, 1095-1103.
- Prache, S., Bauchart, D. 2015. Lamb meat and carcass quality: main criteria of interest. *INRA Producciones Animales* 28, 105–110.
- Przegalińska-Gorączkowska, M. 2012. Lipid profile of intramuscular fat in lamb meat. *Animal Science Papers and Reports*, 30(1), 45-56.
- Puls, L. C., Allee, L. G., Hammer, M. J., & Carr, N. S. 2019. Effects of different antibiotic feeding

programs on morbidity and mortality and growth performance of nursery pigs housed in a wean-to-finish facility. *Translational Animal Science*, 3(1), 123-129.

- Rant, W., Radzik-Rant, A., Świątek, M., Niżnikowski, R., Szymańska, Ż., Bednarczyk, M., Orłowski, E., Morales-Villavicencio, A., & Ślęzak, M. (2019). The effect of aging and muscle type on the quality characteristics and lipid oxidation of lamb meat. *Archives Animal Breeding*, 62(2), 383-391.
- Realini, C., Bianchi, G., Bentancur, O. & Garibotto, G. 2017. Effect of supplementation with linseed or a blend of aromatic spices and time on feed on fatty acid composition, meat quality and consumer liking of meat from lambs fed dehydrated alfalfa or corn. *Meat Science*, 127, 21-29.
- Ríos Rincón, F. G., Bernal Barragán, H., Cerrillo Soto, M. A., Estrada Angulo, A., Juárez Reyes, A. S., Obregón, J. F., & Portillo Loera, J. J. 2012. Características de la canal, rendimiento en cortes primarios y composición tisular de corderos Katahdin x Pelibuey alimentados con garbanzo de desecho. *Revista mexicana de ciencias pecuarias*, 3(3), 357-371.
- Rojas-Román, L. A., Castro-Pérez, B. I., Estrada-Angulo, A., Angulo-Montoya, C., Yocupicio-Rocha, J. A., López-Soto, M. A., Barreras, A., Zinn, R. A., & Plascencia, A. 2017. Influence of long-term supplementation of tannins on growth performance, dietary net energy and carcass characteristics: Finishing lambs. *Small Ruminant Research*, 153, 137-141.
- Rojo-Rubio, R., Avendaño-Reyes, L., Albarrán, B., Vázquez, J. F., Soto-Navarro, S. A., Guerra, J. E., & Macías-Cruz, U. 2018. Zilpaterol hydrochloride improves growth performance and carcass traits without affecting wholesale cut yields of hair sheep finished in feedlot. *Journal of Applied Animal Research*, 46(1), 375-379.
- Roldán-Roldán, A., García-Martínez, E., Río-Araiza, V. D., Berruecos-Villalobos, J. M., Zarco-Quintero, L. A., Valencia, J., Roldán-Roldán, A., García-Martínez, E., Río-Araiza, V. D., Berruecos-Villalobos, J. M., Zarco-Quintero, L. A., & Valencia, J. (2016). Edad a la pubertad en corderas pelibuey, hijas de ovejas con actividad reproductiva estacional o continua, nacidas fuera de temporada. *Agrociencia*, 50(4), 441-448.
- Rosas, C. J. 2014. Comparación del rendimiento productivo de pollos de engorde suplementados con Tylosina fosfato como promotor de crecimiento en dosis mínima y máxima (Tesis de Licenciatura). Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, Perú.
- Rozanski, S., Vivian, D., Kowalski, L., Prado, O., Fernandes, S., Souza, J. & Freitas, J.. 2017. Carcass and meat traits, and non-carcass components of lambs fed ration containing increasing levels of urea. *Semina: Ciências Agrárias*, 38(3), 1587.
- Russo, C., Preziuso, G., Casarosa, L., Campodoni, G. & Cianci, D. 1999. Effect of diet energy source on the chemical-physical characteristics of meat and depot fat of lambs carcasses. *Small Ruminant Research*, 33(1), 77-85.
- Sañudo, C., Delfa, R., Gonzalez, C., Alcalde, M.J., Casas, M., Santolaria, P., y Vigil, E. 1992. Calidad de la carne de ternasco. In ITEA, Vol. 88A, Zaragoza. 221-227.
- Sañudo, C., Alfonso, M., Sanchez, A., Berge, P., Dransfield, E., Zygoiannis, D., Stamataris, C., Thorkelsson, G., Valdimarsdottir, T., Piasentier, E., Mills, C., Nute, G. R., & Fischer, A. V. 2003. Meat texture of lambs from different European production systems. *Australian Journal of Agricultural Research*, 54(6), 551-560.

- Sañudo, C., Sanchez, A., & Alfonso, M. 1998. Small ruminant production systems and factors affecting lamb meat quality. *Meat Science*, 49, S29-S64.
- Saeed, M., Alagawany, M., Fazlani, S. A., Kalhoro, S. A., Naveed, M., Ali, N., Kifayat-Ullah, Arain, M. A., & Chao, S. 2019. Health promoting and pharmaceutical potential of ferulic acid for the poultry industry. *World's Poultry Science Journal*, 75(1), 83-92.
- Serna, P. 2012. Impacto de la suplementación de ácido ferúlico sobre la calidad de la carne de bovinos comerciales (Tesis de Maestría). Centro de investigación en alimentación y desarrollo, Hermosillo, México.
- Sharifi, M., Bashtani, M., Naserian, A., Farhangfar, H. & Emami, A. 2018. The effect of grapeseed oil on performance, rumen fermentation, antioxidant status and subcutaneous adipose fatty acid profile in lambs. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 102(1), 157-165.
- SIAP-SADER. 2020. Web en línea. [http://infosiap.siap.gob.mx/repoAvance\\_siap\\_gb/pecResumen.jsp](http://infosiap.siap.gob.mx/repoAvance_siap_gb/pecResumen.jsp)
- Silva, M. 2018. Efecto del clorhidrato de zilpaterol sobre las características de la canal, cortes primarios, vísceras verdes y vísceras rojas de ovinos de pelo en corral (Tesis Licenciatura). Universidad Autónoma del Estado de México, Temascaltepec de González.
- Simitzis, P., Deligeorgis, S., Bizelis, J., Dardamani, A., Theodosiou, I., & Fegeros, K. 2008. Effect of dietary oregano oil supplementation on lamb meat characteristics. *Meat Science*, 79(2), 217-223.
- Smith, G.; Griffin, D.; Kenneth, J. 2001. Meat evaluation handbook revision committee. American Meat Science Association: Champaign, IL. USA.
- Soberon, M. 2012. The Uptake Of Ferulic Acid In Ruminants And The Antioxidant Capacity Of Milk And Milk Replacers (Tesis Doctoral). Cornell University, New York, USA.
- Suliman, G., Al-Owaimer, A., El-Waziry, A., Hussein, E., Abuelfatah, K. & Swelum, A. 2021. A Comparative Study of Sheep Breeds: Fattening Performance, Carcass Characteristics, Meat Chemical Composition and Quality Attributes. *Frontiers in Veterinary Science*, 8, 188.
- Sutton, D., Ellis, M., Lan, Y., McKeith, F. y Wilson, E. 1997. Influence of slaughter weight and stress gene genotype on the water-holding capacity and protein gel characteristics of three porcine muscles. *Meat Science*, 46(2), 173-180.
- Thompson, J., Hopkins, D., D'Souza, D., Walker, P., Baud, S., Pethick, D. 2005. The impact of processing on sensory and objective measurements of sheep meat eating quality. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 45(5), 561-573.
- Tibebu, M., Ashenafi, M., Adugna, T. & Geert, H. 2019. Carcass and meat quality characteristics of two hair type breed lambs fed tef (*Eragrostis tef*) straw ensiled with effective micro-organisms and supplemented with concentrates. *International Journal of Livestock Production*, 10(4), 110-121.
- Touraille, C. 1991. Qualités organoleptiques des viandes bovine et ovine. *Curso: Calidad de la canal y de la carne. I.A.M.Z. Zaragoza, España*, 4, 22-28.
- Trabalza-Marinucci, M., Mughetti, L., Ranucci, D., Acuti, G., Olivieri, O., Miraglia, D., & Branciarri, R. 2016. Influence of Maternal and Postweaning Linseed Dietary Supplementation on Growth Rate, Lipid Profile, and Meat Quality Traits of Light Sarda Lambs. *The Scientific*

World Journal, 2016, e5391682.

- USDA. 2000. Official United States Standards For Grades Of Carcasses Beef, In Livestock Seed Program. Agricultural Market Service, Washington, D. C.
- Vahedi, V., Sadeghi, M., Hedayat, E. N., Najafpanah, M. J., & Dirandeh, E. 2016. The Effects Of Continuous And Intermittent Feeding Of B-Agonist Zilpaterol Hydrochloride On Muscle B-Adrenergic Receptors Gene Expression In Feedlot Male Lambs. *Iranian journal of animal science research*, 7(4), 504-511. SID.
- Valadez-García, K. M., Avendaño-Reyes, L., Díaz-Molina, R., Mellado, M., Meza-Herrera, C. A., Correa-Calderón, A., & Macías-Cruz, U. 2021. Free ferulic acid supplementation of heat-stressed hair ewe lambs: Oxidative status, feedlot performance, carcass traits and meat quality. *Meat Science*, 173, 108395.
- Valenzuela-Grijalva, N., Pinelli-Saavedra, A., Muhlia-Almazan, A., Domínguez-Díaz, D., & González-Ríos, H. 2017. Dietary inclusion effects of phytochemicals as growth promoters in animal production. *Journal of Animal Science and Technology*, 59(1), 8.
- Vázquez-Martínez, I., Jaramillo-Villanueva, J. L., Bustamante-González, Á., Vargas-López, S., Calderón-Sánchez, F., Torres-Hernández, G., & Pittroff, W. 2018. Estructura y tipología de las unidades de producción ovinas en el centro de México. *Agricultura, sociedad y desarrollo*, 15(1), 85-97
- Velasco, V., & Williams, P. 2011. Improving meat quality through natural antioxidants. *Chilean journal of agricultural research*, 71, 313-322.
- Vergara, H., Molina, A., & Gallego, L. 1999. Influence of sex and slaughter weight on carcass and meat quality in light and medium weight lambs produced in intensive systems. *Meat Science*, 52(2), 221-226.
- Virgili, F., Pagana, G., Bourne, L., Rimbach, G., Natella, F., Rice-Evans, C., Packer, L. 2000. Ferulic acid excretion as a marker of consumption of a French maritime pine (*Pinus maritima*) bark extract. *Free Radic. Biol. Med.* 28(8): 1249-1256.
- Wang, Y., Wang, W., Wang, R., Meng, Z., Duan, Y., An, X., & Qi, J. 2019. Dietary supplementation of ferulic acid improves performance and alleviates oxidative stress of lambs in a cold environment. *Canadian Journal of Animal Science*, 99(4), 705-712.
- Wang, Y., Chen, X., Huang, Z., Chen, D., Yu, B., Chen, H., Yu, J., Luo, Y., Zheng, P., & He, J. 2021. Effects of dietary ferulic acid supplementation on growth performance and skeletal muscle fiber type conversion in weaned piglets. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, n/a(n/a).
- Zazueta, T. 2016. Características, Composición Y Calidad De La Canal De Ovinos De Pelo En Finalización Intensiva [Masters, UNIVERSIDAD AUTONOMA DE CHIHUAHUA].
- Zeola, N., Sobrinho, A., Borba, H., Giroto, L., Franhani, J. & Barbosa, J. 2021. Meat quality of lambs fed phytogetic additives. *Semina: Ciências Agrárias*, 42(6SUPL2), 3883-3900.