



**UNIVERSIDAD JUÁREZ AUTÓNOMA DE TABASCO**  
**DIVISIÓN ACADÉMICA DE CIENCIAS AGROPECUARIAS**

---

---



**CALIDAD DE LA CARNE DE CORDEROS LACTANTES  
DE OVEJAS SUPLEMENTADAS CON EXTRACTOS DE  
*MORINGA OLEIFERA* LAM.**

TESIS QUE PARA OBTENER EL GRADO DE:  
MAESTRO EN CIENCIAS AGROALIMENTARIAS

PRESENTA:

**GABRIEL OLVERA AGUIRRE**

DIRECTOR

**ARMANDO GÓMEZ VÁZQUEZ**

CODIRECTOR

**ALFONSO JUVENTINO CHAY CANUL**

VILLAHERMOSA TABASCO

FEBRERO, 2021

## Oficio de autorización de impresión del trabajo de tesis



DIVISIÓN ACADÉMICA  
DE CIENCIAS  
AGROPECUARIAS



### JEFATURA DE POSGRADO

Villahermosa, Tabasco a 12 de febrero de 2021  
Of. No. 025/JP/2021

**Asunto:** Autorización de impresión  
de Tesis

**C. GABRIEL OLVERA AGUIRRE**  
**EGRESADO DE LA MAESTRÍA EN CIENCIAS AGROALIMENTARIAS**

**PRESENTE**

Por medio de la presente y de acuerdo con su solicitud de autorización de impresión de su trabajo bajo la modalidad de tesis, le informo que sobre la base del Artículo 26 del reglamento de estudios de Posgrado de esta Universidad, y atendiendo a las indicaciones de su Comité Sinodal, esta Dirección a mi cargo, le **autoriza la impresión** de su tesis titulada: "**Calidad de la carne de corderos lactantes de ovejas suplementadas con extractos de Moringa Oleifera Lam**".

Sin otro particular, aprovecho la ocasión para enviarle un afectuoso saludo.

**ATENTAMENTE**

**Ph.D. ROBERTO ANTONIO CANTÚ GARZA**  
**DIRECTOR**

c.c.p. M.C.E Miguel Hernández Hernández – Jefe de Posgrado-DACA  
RACG/mhh

## **Carta de cede de derechos**

El que suscribe, Gabriel Olvera Aguirre del programa de estudios de posgrado de la Maestría en Ciencias Agroalimentarias, con número de matrícula 182C26004, adscrito a la División Académica de Ciencias Agropecuarias, manifiesto ser autor intelectual y titular de los Derechos de Autor del presente Trabajo de Tesis denominada “Calidad de la carne de corderos lactantes de ovejas suplementadas con extractos de Moringa Oleifera Lam”, y autorizo a la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco para que utilice el presente trabajo con fines Académicos y de Investigación ya sea de forma física o digital para su difusión y sin fines de lucro; autorización que se hace de manera enunciativa más no limitativa para subirla a la Red Abierta de Bibliotecas Digitales (RABID) y a cualquier otra red académica con las que la Universidad tenga relación institucional.

Por lo antes manifestado, libero a la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco de cualquier reclamación legal que pudiera ejercer respecto al uso y manipulación de la Tesis mencionado y para los fines estipulados en este documento.

Se firma la presente autorización en la Ciudad de Tlaxiaco, Hidalgo; a los dieciséis días del mes de febrero del año 2021.

**ATENTAMENTE**

**Gabriel Olvera Aguirre**



---

**Nombre y Firma del Sustentante**

**MATRICULA: 182C26004**

## Reconocimientos

Reconocimiento a CONACYT por el financiamiento de los estudios del autor de ésta tesis, a la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, al Instituto Tecnológico de Mérida y al rancho San Francisco por la participación en la investigación y a la financiación parcial del proyecto.

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.  
México.

## Dedicatorias y agradecimientos

A Dios, el supremo científico y artista. Quiero agradecer y dedicar este documento a las personas que estuvieron y están conmigo en todo momento. Nombrarlas me parecería injusto, no sabría con quién empezar ni con quien terminar. Cualquiera ser humano que me conoció y entablé afinidad, que me quiso o me quiere y que fuimos capaces de trabajar en equipo les dedico ésta tesis de posgrado. Seguramente sabes que entre esas personas te encuentras tú, puesto que cualquiera interesado en leer estas líneas es aquel que me conoce, me quiere, es de mi familia o le interesa lo que hago y si soy capaz de enseñarte algo, ya cumplí.

¡Que viva el conocimiento, la familia y los buenos camaradas!

Agradezco a CONACYT por el financiamiento de mi beca de estudios de posgrado.

Agradezco a mi familia (padres, esposa, hermanos, suegros, tíos, primos, cuñadas, cuñados, abuelitos ☺ y demás). Y agradezco a mi director y codirector de tesis por el apoyo brindado, al Dr Victor Moo y al #TeamChay.

Aforismo final: La ciencia es un arte y el arte es una ciencia.

## Índice general

	Página
Índice de tablas.....	vii
Índice de figuras.....	viii
Resumen en español.....	ix
Abstract.....	x
1. Introducción.....	1
1.1 Carne de ovinos en México.....	1
1.2 Alimentación de ovejas y calidad de su carne.....	1
1.3 Suplementación de rumiantes durante la lactancia.....	4
1.4 Parámetros instrumentales de calidad de carne: pH, color, pérdida por goteo, textura.....	5
1.5 Análisis químico proximal: contenido de humedad, proteína cruda, ceniza y grasa.....	8
2. Planteamiento del problema.....	10
3. Justificación.....	11
4. Hipótesis.....	13
5. Objetivos.....	14
5.1 Objetivo general.....	14
5.2 Objetivos específicos.....	14
6. Materiales y métodos.....	15
6.1 Localización del experimento.....	15
6.2 Animales, manejo y alimentación.....	15
6.3 Sacrificio y toma de muestras.....	16
6.4 Análisis instrumental.....	17
6.4.1 pH.....	17
6.4.2 Capacidad de retención de agua.....	18
6.4.3 Color.....	18
6.5 Análisis químico proximal.....	19
6.5.1 Contenido de humedad/materia seca.....	19
6.5.2 Determinación de cenizas.....	19
6.5.3 Determinación de proteínas.....	19
6.5.4 Determinación de grasa.....	20
6.6 Diseño experimental y análisis estadístico de los datos.....	21
7. Resultados.....	23
7.1 Análisis instrumental.....	23
7.2 Análisis químico proximal.....	25
8. Discusión.....	27
8.1 Análisis instrumental.....	27
8.1.1 pH.....	27
8.1.2 Pérdida por goteo.....	27
8.1.3 Color.....	28
8.2 Análisis químico proximal.....	29
8.2.1 Contenido de humedad/materia seca.....	29
8.2.2 Contenido de cenizas.....	29

8.2.3	Contenido de proteínas.....	30
8.2.4	Contenido de grasa intramuscular.....	30
9.	Conclusiones .....	32
10.	Recomendaciones.....	33
11.	Literatura científica citada.....	34
	Anexos.....	43

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.  
México.

## Índice de tablas

	Página
Tabla 1. Pruebas de calidad en carne realizadas por diferentes autores.....	5
Tabla 2. Composición química de la dieta experimental de ovejas de pelo lactantes.....	16
Tabla 3. Análisis instrumental en calidad de carne de corderos de pelo F1 (Katadin × Pelibuey) de madres suplementadas con extractos de <i>M. oleifera</i> .....	24
Tabla 4. Composición fisicoquímica del <i>M. Longissimus thoracis et lumborum</i> en corderos de pelo F1 (Katadin × Pelibuey) de madres suplementadas con extractos de <i>M. oleifera</i> . ....	25

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.  
México.

## Índice de figuras

	Página
Figura 1. Ubicación del músculo <i>Longissimus thoracis et lumborum</i> en corderos de pelo F1 (Katadin × Pelibuey) de madres suplementadas con extractos de <i>M. oleifera</i> .....	17
Figura 2. Curva de caída del pH en muestras del músculo LTL en corderos de pelo F1 (Katadin × Pelibuey) de madres suplementadas con extractos de <i>M. oleifera</i> .....	24
Figura 3. Comportamiento lineal y no lineal de la grasa intramuscular en muestras del músculo LTL en corderos de pelo F1 (Katadin × Pelibuey) de madres suplementadas con extractos de <i>M. oleifera</i> .....	26

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.  
México.

## Resumen

El objetivo del presente estudio fue determinar la calidad y composición de la carne en corderos de pelo lactantes de ovejas suplementadas con diferentes niveles de extracto de hoja de *Moringa oleifera* Lam. Para tal fin se ofrecieron cuatro niveles de extracto hidroalcohólico de hojas de *Moringa oleifera* Lam. (EMO) a 24 ovejas de pelo (F1: Pelibuey × Khatadin), el cual se adicionó en el alimento balanceado (AB) durante la etapa de lactancia (45 días), los tratamientos fueron: T1: AB + 0 mL EMO; T2: AB + 20 mL EMO; T3: AB + 40 mL EMO y T4: AB + 60 mL EMO al día por oveja<sup>-1</sup>. Se seleccionaron 12 corderos completamente al azar, tres por tratamiento (n = 3) y fueron sacrificados humanitariamente, se tomó una muestra del músculo *Longissimus thoracis et lumborum* (LTL) y se determinó potencial de hidrógeno (pH), capacidad de retención de agua (CRA), coordenadas de color por medio de la escala CIELab (L\*: luminosidad, a\*: rojo/verde b\*: amarillo/azul), humedad, cenizas, proteína y grasa. Parámetros a\*, b\* y pH fueron similares ( $P > 0.05$ ). Sin embargo, pérdida por goteo y L\* mostraron diferencia ( $P < 0.05$ ). Humedad, cenizas y proteína cruda no mostraron diferencia significativa ( $P > 0.05$ ). No obstante, el contenido de grasa difirió entre tratamientos ( $P = 0.002$ ). La suplementación con EMO's, en la dieta de ovejas lactantes tuvo efecto sobre la pérdida por goteo, L\* y el contenido de grasa del músculo LTL de los corderos, en esta última, se observó que a mayor suplementación menor cantidad de grasa.

**Palabras clave:** Corderos lactantes, *Moringa oleifera* Lam., Pequeños rumiantes, Extractos herbales.

## Abstract

The objective of the study was to determine the quality and composition of the meat in lactating hair lambs from sheep supplemented with different levels of *Moringa oleifera* Lam. leaf extract. For this purpose, four levels of hydroalcoholic extract of *Moringa oleifera* Lam. leaves were offered. (EMO) to 24 hair sheep (F1: Pelibuey × Khatadin), which was added in the balanced feed (BF) during the lactation stage (45 days), the treatments were: T1: BF + 0 mL EMO; T2: BF + 20 mL EMO; T3: BF + 40 mL EMO and T4: BF + 60 mL EMO per day per sheep<sup>-1</sup>. Twelve lambs were selected completely at random, three per treatment (n = 3) and they were humanely slaughtered, a sample of the *Longissimus thoracis et lumborum* (LTL) muscle was taken and was determine hydrogen potential (pH), water retention capacity (CRA), color coordinates using the CIELab scale (L\*: luminosity, a\*: red / green b\*: yellow / blue), humidity, ash, protein and fat. Parameters a \*, b \* and pH were similar (P > 0.05). However, drip loss and L \* showed difference (P < 0.05). Moisture, ash and crude protein did not show significant difference (P > 0.05). However, the fat content differed between treatments (P = 0.002). The supplementation with EMO's, in the diet of lactating ewes, had an effect on the drip loss, L \* and the fat content of the LTL muscle of the lambs, in the latter, it was observed that the higher the supplementation the lower the amount of fat.

**Keywords:** Lactating lambs, *Moringa oleifera* Lam., Small ruminants, Herbal extract.

# 1. Introducción

## 1.1. Carne de ovinos en México

México es uno de los países en donde la producción de carne ovina es una actividad importante y en desarrollo (Partida de la Peña 2017), la cual presentó un crecimiento del 70% en el periodo del 2001 al 2017, al pasar de 36 000 a más de 61 000 toneladas de carne, con un total de nueve millones de cabezas de ovejas inventariadas, lo que reflejó en las importaciones que se redujeron en un 74% (SADER 2018). En este sentido, el consumo per cápita de carne de ovinos en México aumentó 450 g, pasando de 500 a 950 g/año (SIAP 2019), siendo las razas de pelo y sus cruza los principales genotipos distribuidos en el país (Chay-Canul *et al.*, 2019a), preferidos por su alta adaptabilidad al medioambiente, tolerancia parasitaria, prolificidad, fácil reproducción y rusticidad (Chay-Canul *et al.*, 2019b), las grandes concentraciones se ubican principalmente en los estados de México, Hidalgo, Puebla, Michoacán, Querétaro, Tlaxcala y Veracruz (Desdémona 2014).

## 1.2 Alimentación de ovejas y calidad de su carne

La alimentación es el factor más importante en la calidad de la carne de los ovinos. En ésta influyen: cantidad, solubilidad, fracción insoluble fermentable, tasa de fermentación, tamaño de las partículas, cantidad de energía proporcionada, palatabilidad, forma (forraje entero o molido, pellets, estructura de los pastos, etc), de igual manera influye la cantidad y calidad del agua suministrada, éstos factores modifican la actividad del rumen y la biodisponibilidad de los nutrientes, que modifica la calidad de la carne (Araujo-Febres 2005). En ese sentido, Campos *et al.* (2017), estudiaron la influencia de dos tipos de ensilados, uno de *Cenchrus ciliaris* y otro de *Atriplex nummularia* llegando a la conclusión que es mejor este último debido a que *C. ciliaris* provoca una pérdida en el peso de la canal de las ovejas.

Así mismo, experimentos realizados por Azizi *et al.* (2017) demostraron que la suplementación de dos dietas isoenergéticas e isonitrogénicas con gallinaza en corderos de hasta 210 g/kg de materia seca (MS) no influyó de manera negativa en el rumen, de hecho, incrementó la actividad enzimática proteasa y disminuyó la población de protozoos en corderos de engorda, además lograron incrementar la GDP. En este mismo sentido Salami *et al.* (2019), reportan que al suplementar dietas consistentes en pellets elaborados de residuos de extractos de romero y tomillo (50/50) en un 10 a 20% de MS en ovejas lactantes, mejoró el PAG de la carne de corderos, redujo el deterioro del color, la oxidación lipídica y la proliferación microbiana en productos refrigerados por 21 días. Por su parte, Falowo *et al.* (2018) reportan que una suplementación con moringa en rumiantes puede influir en la prueba de esfuerzo al corte, en el color y modificar el PAG, al mejorar la percepción general de calidad de la carne.

De igual manera, una deficiencia de nutrientes prolongada, se ve reflejada en la calidad de la carne, puesto que esto produce elevaciones abruptas del pH, aumento en la CRA e imprime olores y sabores desagradables que están ligados a cambios fisiológicos como glucogenólisis en exceso, lo que resulta una disminución en el glucógeno muscular, y posteriormente a la formación de carnes oscuras, firmes y secas (DFD por sus siglas en inglés), por lo que es importante tomar en cuenta el confort, alojamiento, prevención de enfermedades, buen trato, buen manejo y cuidado responsable de los ovinos y así lograr el bienestar animal (Sañudo 1993; Bolado *et al.*, 2013).

La calidad de la carne es un término que se utiliza para definir el grado de aceptación y la composición nutrimental que tiene un corte. Las variables que afectan la calidad de la carne de cordero son: la genética, edad, género, sexo, raza, dieta y estrés (De Lima Júnior *et al.*, 2016; Espinoza-Marín *et al.*, 2017); además del efecto bioquímico *post mortem* de músculo, grasa y las condiciones de manejo de éstos, que son entre otros el manejo de temperatura y tiempo de congelación, refrigeración y/o maduración de la carne (Webb *et al.*, 2005; Mariezcurrena *et al.*, 2013). De las variables antes mencionadas, se considera que, la más importante en producción ovina es la alimentación. De forma tal, que el uso de aditivos o suplementos alimenticios a diferentes concentraciones y condiciones se pueden obtener múltiples beneficios en los parámetros de calidad de vida del animal y del producto final (Manso *et al.*, 2016a, b).

Estudios realizados por Reyes-Sánchez *et al.* (2009), Budak y Yilmaz (2013), Manso *et al.* (2016b), Jenko *et al.* (2018) y por Seidavi *et al.* (2018) describen el uso de la suplementación en la alimentación de rumiantes durante la etapa de lactancia con plantas o partes de ellas, extractos herbales obtenidos de semillas, hojas, o incluso residuos agroindustriales como lo es el orujo de uva, este uso de la suplementación tiene un efecto sobre la composición de la leche de ovejas y carne de sus corderos, esto debido a la elevada cantidad de nutrientes y componentes bioactivos contenidos como proteínas, grasas, carbohidratos, sustancias fenólicas, vitaminas y minerales. En ese mismo sentido, estudios similares realizados por Magdalena *et al.* (2013), Babiker *et al.* (2017) y Abdelmalek *et al.* (2018) reportaron que al suministrar aditivos de origen natural en la dieta del animal, se obtienen beneficios como: mejora en la ganancia diaria de peso (GDP), composición del

perfil de ácidos grasos (PAG) de la leche, rendimiento y crecimiento de corderos, además, suele presentarse reducción de la energía perdida por la producción de metano, incremento en la fermentación ruminal, disminución en la velocidad de autooxidación en la grasa, que a su vez mejora la estabilidad oxidativa y el color de la carne de corderos lactantes.

### **1.3 Suplementación de rumiantes durante la lactancia**

La alimentación en ovinos es el factor más importante para la calidad de la carne (Manso *et al.*, 2016a). Con el desarrollo de técnicas para la elaboración de alimentos para consumo animal basadas en balance energético es posible manipular la biohidrogenación microbiana (bacterias, protozoos y hongos), proporcionar BA y mejorar la productividad animal, en este contexto Chilliard *et al.* (2007), Lourenço *et al.* (2010), Castillo *et al.* (2013), Titi y Al Fataftah (2013), Castro *et al.* (2015), Rojas-Rodríguez *et al.* (2017), Kholif *et al.* (2018a) y Rojas-Hernández *et al.* (2019), mencionan que la suplementación con frutos, follaje de algunos árboles, forrajes, extractos, aceites vegetales, productos del mar, aditivos antimicrobianos, aditivos alimentarios, fitógenos y algunas fuentes de grasas protegidas, tienen el potencial de modificar la composición de la leche y los tejidos de los rumiantes amamantados de esta leche modificada.

De igual forma, Manso *et al.* (2011 y 2012) mencionan que una suplementación con aceites vegetales de soya, oliva y linaza, muestran diferentes respuestas en la calidad de la grasa intra y extra muscular y en el PAG de la leche de las ovejas, el cual reportan una correlación entre la concentración de AG en la leche materna y en la carne de cordero por acción de la manipulación de la dieta de las ovejas, con el beneficio de que se conserva el

rendimiento de la canal y el color en la grasa. Estas modificaciones en los AG, pueden inducir diferencias deseables en los cambios de olor en la carne de cordero (Vieira 2019).

Aunado a lo anterior, otros estudios como los de Magdalena *et al.* (2013), Manso *et al.* (2016a) y Babiker *et al.* (2017), mencionan que es posible mejorar las características de calidad de carne en corderos lactantes al suplementar a la madre de diversas maneras, y así, obtener carne con múltiples beneficios que se reflejan en color, estabilidad oxidativa y mejor relación de ácidos grasos (AG). Sin embargo, los estudios de calidad de la carne en ovinos bajo condiciones de trópico húmedo son escasos (Aguilar-Martínez *et al.*, 2017).

#### **1.4 Parámetros instrumentales de calidad de la carne: pH, color, pérdida por goteo, textura**

La carne cuenta con características químicas, biológicas y físicas que le confieren cierto grado de calidad, estas características se describen como terneza y frescura, ésta última considerada el factor de consumo más importante al momento de la compra, ya que genera una sensación de seguridad por el alimento en el consumidor, por otra parte, la terneza es el segundo factor más importante y se mide mediante pruebas de parámetros de calidad, análisis químico proximal, PAG, estabilidad oxidativa en pigmentos y grasas (Taheri-Gavarand *et al.*, 2019), por lo que diversos autores (Tabla 1) determinan la calidad de la carne con base a análisis instrumental, químico proximal, pruebas de oxidación de lípidos y color.

**Tabla 1.** Pruebas de calidad en carne realizadas por diferentes autores.

<b>Parámetros analizados</b>	<b>Fuente</b>
pH, CRA, color, análisis proximal y PAG.	Budimir <i>et al.</i> 2018
Terneza: pH, color, CRA, textura, pérdida por cocción, longitud del sarcómero, contenido de colágeno, análisis químicos proximales y PAG.	Cohen-Zinder <i>et al.</i> 2017
pH, CRA, marmoleado, color, análisis proximal y PAG.	Liu <i>et al.</i> 2015, 2016
pH, textura, color, CRA.	López-Baca <i>et al.</i> 2019
Textura, largo del sarcomero, análisis químico proximal. pH, CRA, PAG.	Bagaldo <i>et al.</i> 2019

pH: potencial hidrógeno; CRA: capacidad de retención de agua; PAG: perfil de ácidos grasos.

Cuando el pH de la carne fluctúa de manera repentina fuera del rango normal (5.5 a 5.8) durante el proceso de *rigor mortis* en el lapso de las primeras 24 horas (pH24) *post mortem*, se generan cambios importantes en el color, terneza, sabor, capacidad de conservación y CRA (puede ser medida mediante diferentes técnicas, por ejemplo, pérdida por goteo, cocción, aplastamiento entre placas); un pH24 que desciende rápido (PSE) causa disminución en la CRA y luminosidad, dando paso a un color pálido, por el contrario, cuando el pH aumenta de forma espontánea (DFD), el color se oscurece y aumenta la CRA, esto puede tener como consecuencia la proliferación de microorganismos que producen enzimas proteicas capaces de degradar proteínas en la carne y producir metabolitos secundarios como el amoníaco, aminas biógenas o escatol, estos cambios afectan el color y la vida media útil de la carne, generan una influencia negativa en las decisiones de compra en los consumidores y ocasionan grandes pérdidas económicas a la industria cárnica (Jerez-Timaure *et al.*, 2019 y Knight *et al.*, 2019).

Por otra parte, la textura es un atributo de la carne que al igual que los demás parámetros, se ve influenciada por causas ligadas a lo ocurrido durante el proceso de *rigor mortis*, además si adicionalmente los valores de pH se encuentran por encima de 5.8 se tienen carnes DFD que tienen como característica principal una estructura cerrada de las fibras musculares, lo cual genera problemas en la difusividad de sales en su interior y le confiere mayor dureza al producto, esta carne es aprovechada en la elaboración de subproductos por su dureza y elevado contenido de humedad (Danso *et al.*, 2017). El atributo que mide la textura en la carne es el esfuerzo al corte o la dureza y se ve afectada por la cantidad de grasa subcutánea que posea el animal ya que esta capa protege la canal de la rápida disipación de calor que ocasiona cambios de pH y el endurecimiento de las fibras musculares, en corderos es considerada necesaria una fuerza de corte de 4 kg (39.23 N) o menor para considerarlos tiernos e incrementa con el paso del tiempo de almacenamiento y aún más si se almacena después de ser cocinada (Bagaldo *et al.*, 2019 y Trabelsi *et al.*, 2019).

Otro parámetro a considerar es el color, se puede obtener mediante las medidas de L\*, a\* y b\*, estas medidas generan datos que proporcionan el grado de deterioro en la carne; cuando se torna de color rojo a café, es una señal que L\* y b\* toman valores bajos, producto de la acumulación de mioglobina y representa un problema, debido a que el color rojo, genera la primera impresión de calidad que considera un consumidor al momento de comprar, puesto que lo relaciona con la frescura del producto (Liu *et al.*, 2016). La manera de medir el color es tomar lectura en la parte izquierda del lomo a las 24 horas *post mortem* usando estándares de calidad aceptados como referencia (30-49 L\*, 8.24-23.53 a\* y 3.38-11.10 b\*), la razón de tomar las medidas a las 24 horas es la interacción del pH con el glucógeno, tiempo en el que

puede verse impactada la estabilidad del color junto con propiedades de CRA y calidad alimentaria de la carne (Holman *et al.*, 2019).

Las pérdidas por goteo se originan con el cambio de músculo a carne, debido a que las fibras musculares comienzan a perder habilidad para retener la humedad, esto sucede en los espacios existentes entre las fibras (consecuencia del *rigor mortis*) y las redes perimisal y endomisal; una gran pérdida por goteo y una textura muy suave ocurren por la caída repentina de pH y exposición de los músculos a altas temperaturas por periodos prolongados (Barbera 2019). Por lo tanto, la pérdida por goteo es un indicador de CRA y se recomienda que las pérdidas no sean superiores a 2.7%, es considerado un factor de importancia económica, ya que afecta directamente el valor y la calidad de la carne, un ejemplo conocido es el de las carnes PSE que se caracterizan por una exudación excesiva al almacenamiento y textura suave después de la cocción (Barbera 2019; Logan *et al.*, 2019). Adicionalmente a la pérdida de agua que tiene lugar en la carne fresca, existe una pérdida durante la cocción y esta es mayor cuando la CRA de la carne fresca es elevada, trae consigo pérdidas excesivas de peso, encogimiento, pérdida de jugosidad y terneza, además está sumamente relacionada con el cambio de color, textura y firmeza final (Danso *et al.*, 2017; Domínguez-Hernández *et al.*, 2018).

### **1.5 Análisis químico proximal: contenido de humedad, proteína cruda, ceniza y grasa**

El análisis químico proximal inicia con la determinación del contenido de humedad, que reduce el volumen de la muestra, por la cocción principalmente, la cual depende de la temperatura de la superficie de la carne. Del método utilizado para la transferencia de calor

Unversidad Juárez Autónoma de Tlaxcala

y la temperatura interna de la muestra, se puede decir de forma general que consiste en ejercer una presión sobre el agua durante el proceso de calentamiento aplicado y comienza a ser expulsada, es decir, se acompaña de la desnaturalización de las proteínas del tejido conectivo, cambios en color y contenido final de humedad, se ha reportado en la literatura, un contenido de entre 60 y 80.25% de humedad en carne (Bezerra *et al.*, 2016; Flakemore *et al.*, 2017).

La pérdida más evidente de atributos de calidad en la carne son la oxidación proteica de la mioglobina acompañada de la oxidación lipídica, debido a que generan características indeseadas tales como olores y decoloración extraña (Nieto *et al.*, 2011; Santos-Silva *et al.*, 2018). La grasa por su parte juega un papel importante, su principal función es la de proteger la pérdida de nutrientes durante el proceso de cocción, disminuir el porcentaje de humedad y alargar la vida media útil de la carne; al aumentar la cantidad de grasa en el músculo probablemente el sabor de la carne será más intenso, dependiendo de cómo los AG estén conformados y esto lo determina en gran medida la composición proporcionada por la dieta asignada al animal, ya que modifica el metabolismo lipídico del rumen (por acción de sustratos oxidables o metabolitos secundarios, como la vitamina E y A, AG, aminoácidos, fenoles y carotenoides) y mejora el contenido de AG a nivel intramuscular (Bezerra *et al.*, 2016; Valenti *et al.*, 2018; Santos *et al.*, 2019), por esta razón, el objetivo de esta investigación fue determinar la calidad y composición de la carne en corderos de pelo lactantes de ovejas suplementadas con diferentes niveles de extracto de hoja de *Moringa oleifera* Lam. Los resultados generados de esta investigación, son una fuente importante de información que productores e investigadores podrán usar para mejorar la producción e investigación de la carne de ovinos lactantes.

## 2. Planteamiento del problema

La calidad de la carne es un término subjetivo e individual del comprador, sin embargo, existen una serie de parámetros que se pueden medir (pH, color, actividad de agua, pérdida de agua, textura) y que determinan su aceptación o rechazo (Bezerra *et al.*, 2017). En producción animal la calidad se ve afectada principalmente por niveles inadecuados de nutrientes proporcionados al animal durante su vida productiva, lo cual afecta la composición química de la carne (humedad, cenizas, proteína y grasa, PAG, estabilidad oxidativa) y conlleva pérdidas a productores e industrias al rechazarse los productos en el mercado (Manso *et al.*, 2016a, b). Aunado a la exigencia del cumplimiento de los parámetros de calidad, se suma la creciente demanda de alimentos mínimamente procesados y la oferta de productos funcionales, por lo que se torna cada vez más necesario ofrecer información susceptible a reproducción para la producción ovina en el trópico húmedo en México (Aguilar-Martínez *et al.*, 2017). Información concerniente a nutrición animal especializada de pequeños rumiantes, análisis instrumental, análisis químico proximal de la carne, oxidación de pigmentos, grasas y proteínas y composición del PAG (Araujo-Febres 2005).

### 3. Justificación

En lo que respecta a producción animal, la nutrición es el factor que más influye en los procesos productivos de los rumiantes (Martin *et al.*, 2004; Leroy *et al.*, 2005), a lo que Carrasco *et al.* (2009), definen como una condición determinante en la composición y calidad de la carne de estos animales. Por lo que constantemente se buscan estrategias de alimentación que permitan hacer más eficiente el sistema de producción de carne ovina, para obtener la calidad que exigen los mercados y satisfacer las demandas del consumidor. En ese sentido, diversas investigaciones como las de Nieto y Rös (2012), Magdalena *et al.* (2013), Sun *et al.* (2016), Babiker *et al.* (2016; 2017), Nudda *et al.* (2018) y Modisaojang-Mojanaga *et al.* (2019), sugieren que para conseguir y obtener alimentos con características fisicoquímicas que cumplan con los estándares de calidad y que además mejoran el PAG es mediante el uso de la suplementación con extractos fitogénicos, lo que mejora la digestibilidad y fermentación ruminal, GDP, conversión alimenticia (CA), PAG y calidad de la carne.

Siguiendo esa idea, *M. oleifera* ha sido utilizada por diversas culturas y bajo diferentes formas (hoja fresca y seca, semillas, aceites, raíces, infusiones, extractos, tabletas) para tratar padecimientos cardiovasculares, inflamatorios, infecciosos, hematológicos, hepatorreales, gastrointestinales y otros en humanos y animales, entre ellos rumiantes, esta planta posee propiedades bioactivas que le confieren fenoles, flavonoides, vitaminas, minerales (Jenkins *et al.*, 2008; Salem *et al.*, 2013; Ayodele y Olabode 2015; Leone *et al.*, 2015; Kholif *et al.*, 2018a; Liu *et al.*, 2018; Sulastri *et al.*, 2018; Falowo *et al.*, 2018 y Mohamed *et al.*, 2018). En este sentido Sreelather y Padma (2009), Kholif *et al.* (2018b) y Zhang *et al.* (2018),

reportan que dietas adicionadas con *M. oleifera* presentan en el rumen una mayor producción de propionato, el cual promueve la producción de leche y mejora las características de calidad de la carne, específicamente ocurre una reducción de ácidos grasos saturados (AGS), incremento de AGI, ácidos grasos poliinsaturados (AGP) y ácido linoleico conjugado (CLA).

Los argumentos que proporcionan las investigaciones antes mencionadas consideran que la suplementación con *M. oleifera* en la dieta de pequeños rumiantes en etapa lactante es importante, debido a que proporciona bienestar en el organismo animal y enriquece la calidad de la carne de los corderos (estabilidad oxidativa, reducción de AGS, incremento de AGI, AGP, CLA). Por esta razón se evaluó el efecto de la suplementación en ovejas lactantes con extractos de *M. oleifera* sobre características instrumentales y fisicoquímicas en la carne de corderos mediante métodos analíticos establecidos; esto para que sea posible generar un producto con beneficios al animal, al productor y al consumidor, con características de calidad que se preocupen por satisfacer las demandas nacionales e internacionales de consumo.

#### 4. Hipótesis

La suplementación de ovejas de pelo lactantes con diferentes niveles (0, 20, 40 y 60 mL\*d\*animal<sup>-1</sup>) de extracto de *M. oleifera*, mejora las características fisicoquímicas en la carne de corderos.

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.  
México.

## 5. Objetivos

### 5.1 Objetivo general

Determinar la calidad y composición de la carne en corderos de pelo lactantes de ovejas suplementadas con diferentes niveles de extracto de hoja de *Moringa oleifera* Lam.

### 5.2 Objetivos específicos

Evaluar el efecto de la suplementación con diferentes niveles de extractos de hoja de *Moringa oleifera* en ovejas de pelo sobre la calidad instrumental de la carne de los corderos al final de la etapa de lactancia.

Evaluar la composición química proximal de la carne de corderos de pelo amamantados con leche de ovejas suplementadas con diferentes niveles de extractos de hoja de *Moringa oleifera* en el trópico húmedo.

## 6. Materiales y métodos

### 6.1 Localización del experimento

El experimento se llevó a cabo en el “Rancho San Francisco”, ubicado a 21° 14' 48"N y 89° 02' 35" (Google earth, 2020) longitud oeste; a 5 metros sobre el nivel del mar en la carretera Dzidzantun-Santa Clara, en Dzidzantun, Yucatán, México, con una media de 26 °C de temperatura y 9.8 mm de precipitación pluvial durante los meses de experimentación (noviembre-diciembre) con una humedad relativa de entre 66 y 89% (INAFED, 2018; INEGI, 2018).

### 6.2 Animales, manejo y alimentación

Para el estudio, se utilizaron un total de 24 ovejas de pelo F1 (Pelibuey × Katadin) adultas con características similares en peso, edad y número de cría (1), a las que se les proporcionó AB comercial denominado 448 (Campialimentos S.A. de C.V.). Todos los días se pesó la cantidad de alimento suministrado a las ovejas, calculado cada semana, de acuerdo con el peso promedio del peso vivo (PV) de los animales y su condición corporal (CC) durante el periodo experimental, este contaba con una energía metabolizable estimada de 11.5 MJ\*kg de MS (Tabla 2), esto fue calculado con la ecuación de la AFRC (1993), al que se le adicionó cuatro niveles de suplementación, los tratamientos fueron: T1: AB + 0 mL EMO; T2: AB + 20 mL EMO; T3: AB + 40 mL EMO y T4: AB + 60 mL EMO al día por oveja<sup>1</sup>, mezclado en el AB. Cada tratamiento tuvo seis repeticiones, con un cordero por repetición, los cuales se confinaron en una jaula de 2 x 1 m durante el periodo de lactancia (45 días).

**Tabla 2.** Composición química de la dieta experimental de ovejas de pelo lactantes.

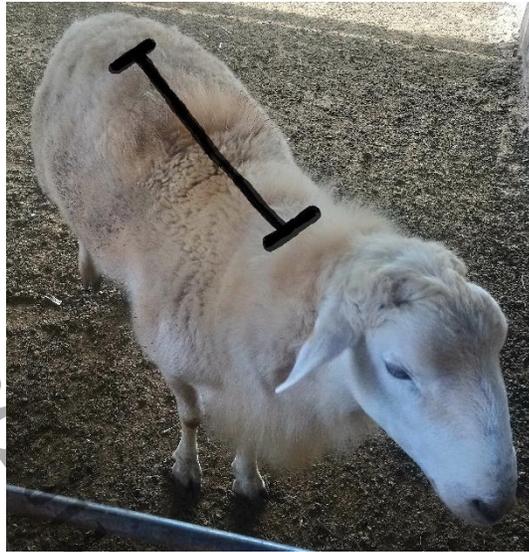
Parámetro	Alimento Balaceado	Pasto
MS (g/kg MH)	900	283
PC (g/kg MS)	150	31
FDN (g/kg MS)	438	693
FDA (g/kg MS)	160	470
EE (g/kg MS)	43	19.2
EM (MJ/kg MS)	11.5	7.6

MS (g/kg MH) = Materia seca, gramo por kilogramo de materia húmeda; PC (g/kg MS) = Proteína cruda, gramo por kilogramo de materia seca; FDN (g/kg MS) = Fibra detergente neutra, gramo por kilogramo de materia seca; FDA (g/kg MS) = Fibra detergente ácida; EE: Eficiencia energética; EM: energía metabolizable. Estimado por la ecuación de la AFRC. Fuente: AFRC (1993).

El alimento se suministró *ad libitum*, en un horario de 8 a.m., se ofreció en comederos individuales rectangulares de 60 x 50 x 35 cm, a 80 cm de altura, acompañados de un bebedero cilíndrico de una capacidad mínima de 15 L con agua potable limpia, a las 18:00 h se proporcionó pasto elefante (*Pennisetum purpureum* Schum) fresco y picado, todos los días se lavaron jaulas y bebederos.

### 6.3 Sacrificio y toma de muestras

Se seleccionaron 12 corderos de manera aleatoria, tres por tratamiento (n = 3), los cuales se sacrificaron de acuerdo con la norma NOM-033-SAG/ZOO-2014. Se tomó una muestra del músculo *Longissimus toracis et lumborum* (LTL, Figura 1) de la media canal izquierda de cada cordero y a las 24 horas *post mortem* se realizaron las pruebas de pH, CRA (pérdida por goteo), color, y las muestras restantes se almacenaron como lo establece la NOM-194-SSA1-2004 para sus posteriores análisis fisicoquímicos.



**Figura 1.** Ubicación del músculo *L. thoracis et lumborum* en corderos de pelo F1 (Katadin × Pelibuey) de madres suplementadas con extractos de *M. oleifera*. . Fuente propia.

#### 6.4 Análisis instrumental

Veinticuatro horas post mortem se realizaron pruebas de pH, CRA, color. Después de 18 días de maduración se analizó actividad de agua, contenido de humedad, cenizas, proteína y grasa intramuscular de acuerdo a Cañeque y Sañudo (2005) y al manual de apoyo de Braña *et al.* (2012), los cuales están basados en la metodología de la AOAC con ligeras modificaciones.

##### 6.4.1 pH

Se tomaron las mediciones de pH con un potenciómetro (Hanna HI 9124) previamente calibrado con dos soluciones buffer 4 y 7. Inmediatamente se perforó la muestra entre la 10 y 11° vértebra lumbar y se colocó el electrodo en el músculo, perpendicular a la masa muscular y a dos centímetros de profundidad, se tomaron tres lecturas en diferentes puntos de éste a una temperatura de la carne de  $22 \pm 5.02$  °C.

#### 6.4.2 Capacidad de retención de agua

Para la prueba de pérdida por goteo se identificó el peso y registró por duplicado una bolsa de plástico de sello hermético, con  $36.15 \pm 7.6$  g de carne fresca de 3 cm de grosor, sin grasa ni fascias, se colgó de un gancho la muestra dentro de la bolsa controlando que no tocara el fondo de ésta, se cerró la bolsa de forma hermética y pasadas 24 h se removieron las bolsas, para pesarse posteriormente y se calculó la pérdida de agua con la siguiente fórmula:

$$\% \text{ de pérdida de agua} = \{[(\text{Peso de la bolsa con exudado}) - (\text{peso de la bolsa})] / (\text{Peso inicial de la muestra})\} * 100$$

#### 6.4.3 Color

Las pruebas de medición de color se realizaron de acuerdo al sistema CIELAB, luminosidad ( $L^*$ ), rojo ( $a^*$ ) y amarillo ( $b^*$ ), a las 24 h después del sacrificio, con una temperatura interna de la carne de  $10^\circ\text{C}$  y una oxigenación previa de 1 h. Se usaron valores de reflectancia de 400 a 700 nm a 10 nm de intervalo para caracterizar la superficie de color con un espectrofotómetro portátil de esfera (X-Rite SP-60) calibrado previo a las medidas con un blanco y un negro estándar. Se quitó la grasa exterior del músculo *LTL* y se cortó a la altura de la 11 y 13 vertebra torácica un filete de unos 2-3 cm de grosor y 10 x 10 cm de largo y ancho sobre un plato de fondo blanco, se midió por triplicado en puntos aleatorios y se promedió para el análisis estadístico. Las lecturas se realizaron con una apertura óptica de 8 mm con un iluminante D65 y ángulo de observación de  $10^\circ$ . El valor de croma ( $C^*$ ) y el ángulo de Hue se calcularon como:  $(a^{*2} + b^{*2})^{1/2}$ , y  $\tan^{-1} (b^*/a^*) \times 180/\pi$  respectivamente.

## **6.5 Análisis químico proximal**

### **6.5.1 Contenido de humedad/materia seca**

Las muestras almacenadas a -20 °C se descongelaron a 10 °C por 18 horas, se homogeneizaron las muestras en un procesador de alimentos y se empaquetaron e identificaron de forma individual en bolsas de plástico con cierre hermético.

Para el análisis de humedad se empleó 1 g de muestra puesto en un crisol a peso constante a 105 °C por 18 horas; se enfriaron las muestras y se pesaron registrando los datos hasta que se alcanzó un peso constante. Se realizaron dos determinaciones por muestra y los porcentajes de MS se expresaron como:

$$\text{MS} = [\text{Peso de la muestra seca (g)} / \text{peso de la muestra húmeda (g)}] * 100 \text{ y;}$$

$$\% \text{ Humedad} = 100 - \% \text{MS}$$

### **6.5.2 Determinación de cenizas**

Se pesó 1 g de muestra húmeda, a continuación, se puso en un crisol a peso constante (100 °C 12 h) dentro de una mufla a 550 °C por seis horas, hasta que las cenizas se tornaron de color blanco, a continuación, se enfriaron los crisoles en una estufa por 1 hora a 105 °C, posteriormente se colocaron en un desecador hasta que alcanzaron la temperatura ambiental y se pesaron. Los cálculos se realizaron con la siguiente fórmula:

$$\% \text{ cenizas} = [\text{Peso de las cenizas (g)} / \text{Peso de la muestra fresca (g)}] \times 100$$

### **6.5.3 Determinación de proteínas**

Esta prueba se realizó por el método de micro Kjeldahl, se tomó 0.25 g de muestra fresca por duplicado y se colocó en un matraz Kjeldahl, se agregó una tableta catalizadora Kjeltabs, 10 mL de ácido sulfúrico (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) concentrado, se calentó a 420 °C para la digestión de la muestra por una hora en un equipo microkjeldahl Buchi, se enfriaron las muestras por 30

minutos y se llevaron a destilación con 30 ml de hidróxido de sodio (NaOH) 1:1 (p/v), se tituló el destilado con ácido clorhídrico (HCl) al 0.1N y se registró el volumen gastado, una vez realizado esto, se calculó el porcentaje de nitrógeno (N) base seca, de N base húmeda y de proteína cruda, de la siguiente forma:

$$\% \text{ N base seca} = (V \text{ HCl} * C \text{ (HCl)} * 0.014 * 100) / \text{ peso de la muestra}$$

$$\% \text{ N base húmeda} = \% \text{ N base seca} * \% \text{ MS} / 100$$

$$\% \text{ Proteína} = \% \text{ N base húmeda} * 6.25$$

Dónde;

N = nitrógeno total

VHCl = vol de HCl consumido por la muestra en la valoración - vol del blanco de reactivos.

C (HCl) = concentración de la solución de HCl utilizada en la valoración.

Se usó 0.014 que es el peso molecular (PM) del nitrógeno y se dividió entre 1000 para convertir el volumen consumido de la valoración de mL a L

6.25= factor de corrección, en el que se deriva de asumir que las proteínas contienen 16% de nitrógeno.

$$\text{Proteína en carne cruda} = (\%) = 99 - (\% \text{ Grasa cruda}) - (\% \text{ Humedad})$$

#### **6.5.4 Determinación de grasa**

Se colocaron porciones de muestra fresca por duplicado de 2 g y se colocó dentro de un cartucho de celulosa, cubierto con algodón y colocado en los vasos de extracción del equipo de Soxhlet, se colocaron 80 mL de hexano y se mantuvo a una temperatura de 175 a 200 °C por 6 h, se eliminó el solvente, se colocó a peso constante el matraz con la grasa durante dos

horas a 100 °C, se dejó enfriar, se pesó y se calculó el porcentaje de grasa cruda de la siguiente forma:

$$\% \text{ grasa cruda} = [(M2 - M1) / M] \times 100$$

Se expresa como porcentaje de grasa en base húmeda:

$$\% \text{ grasa cruda en base húmeda} = [(100 - \% \text{ humedad}) * \% \text{ grasa cruda}] / 100$$

Dónde:

M = peso de la muestra

M1= peso del matraz

M2= peso del matraz con la grasa extraída

## 6.6 Diseño experimental y análisis estadístico de los datos

Se seleccionaron tres corderos por tratamiento de forma completamente aleatorizada para su sacrificio y las pruebas analíticas correspondientes. Los datos de la calidad instrumental y fisicoquímicos se analizaron con ayuda de un diseño completamente al azar (DCA) siguiendo el modelo presentado a continuación, en donde los tratamientos fueron: T1: AB + 0 mL EMO; T2: AB + 20 mL EMO; T3: AB + 40 mL EMO y T4: AB + 60 mL EMO al día por oveja<sup>-1</sup>.

$$Y_{ijk} = \mu + DM_i + A_j + E_k$$

En donde:

$y_{ijk}$  = variable dependiente (parámetros de calidad de la carne)

$\mu$  = media general

$DM_i$  = efecto de la suplementación con EMO

$A_j$  = efecto de la aleatorización

$E_k$  = error experimental

Los resultados se analizaron en el programa estadístico SAS (2002), mediante el procedimiento PROC ANOVA. Las medias se compararon con la prueba de Tukey ( $p \leq 0.05$ ). Adicionalmente, para conocer la relación entre los niveles de suplementación de EMO, el pH y la grasa, se realizó un análisis de regresión con el PROC REG del SAS (2002).

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.  
México.

## 7. Resultados

### 7.1 Análisis instrumental

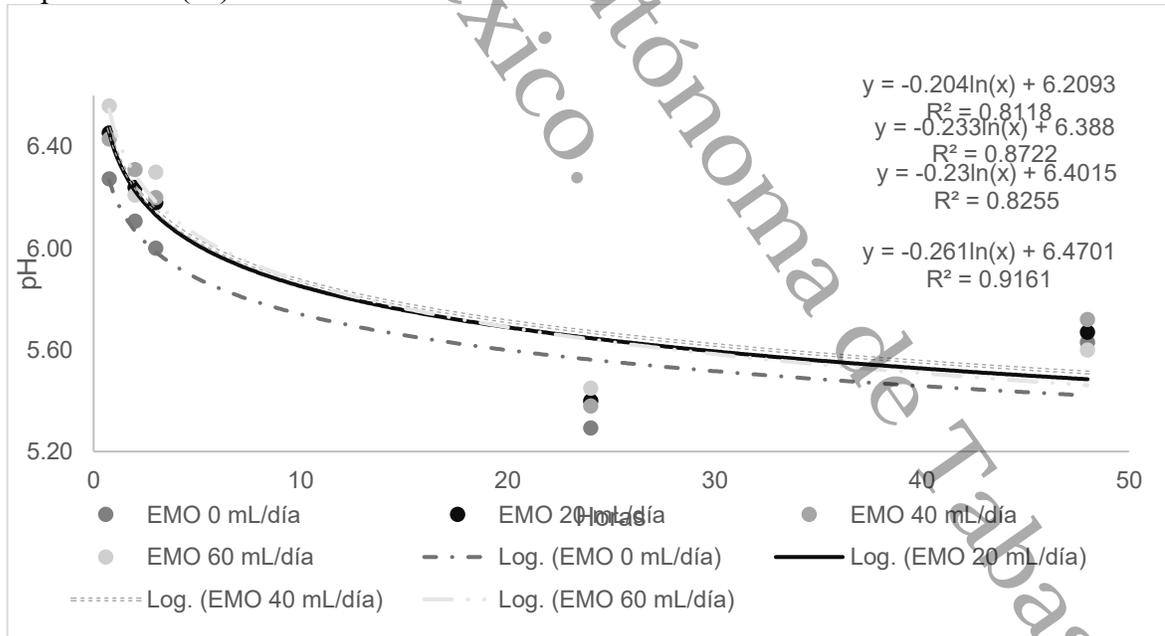
Los resultados del análisis instrumental descritos en la Tabla 3, tienen un nivel de confiabilidad del 95%, en ellos se puede apreciar que no se vio influenciado el pH 24 h, pH 48 h, AW,  $a^*$ ,  $b^*$ , Hue y Chroma de la carne de los corderos de madres suplementadas con EMO's. También se observó que la suplementación con EMO's produjo mayor pérdida por goteo en el tratamiento T4, que en T2 o T3, sin que rebase el T1. asimismo, los parámetros de color medidos con la escala CIEL  $a^*b^*$  (Luminosidad, rojo y amarillo:  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ ) comprendieron un rango de 43.19 a 48.71 en  $L^*$  y de  $a^*$  y  $b^*$  de 13.45 a 15.41 y 7.16 a 8.48, respectivamente. Los valores de  $L^*$ , presentaron una diferencia estadísticamente significativa entre los tratamientos T1 y T2, se observó un decremento en T2 respecto de T1, pero no de T3 y T4.

Respecto al pH a las 48 h se encontró dentro de los valores del rango de calidad requerido para el consumo, esto implica que no hubo un efecto de la suplementación con EMO sobre el pH entre tratamientos. Además, se midió el pH a los 45 min, dos y tres horas para observar su comportamiento, el cual mostró una tendencia logarítmica (Figura 2), en donde el mejor coeficiente de correlación lineal de Pearson fue el T4:  $60 \text{ mL} \cdot \text{día}^{-1}$  con un  $R^2 = 0.92$  y el más bajo fue el tratamiento control T1:  $0 \text{ mL} \cdot \text{día}^{-1}$ , aun así, conservando un coeficiente de correlación lineal de Pearson fuerte ( $R^2 = 0.81$ ).

**Tabla 3.** Análisis instrumental en calidad de carne de corderos de pelo F1 (Katadin × Pelibuey) de madres suplementadas con extractos de *M. oleifera*.

Variable	Nivel de suplementación con EMO (ml día <sup>-1</sup> )				EEM	Valor P
	0	20	40	60		
pH 24 h	5.29 ± 0.08	5.4 ± 0.02	5.38 ± 0.005	5.45 ± 0.10	0.02	0.13
pH 48 h	5.63 ± 0.09	5.67 ± 0.03	5.72 ± 0.07	5.6 ± 0.07	0.02	0.24
Pérdida por goteo (%)	2 ± 0.32 <sup>ab</sup>	1.31 ± 0.22 <sup>a</sup>	1.43 ± 0.11 <sup>a</sup>	2.44 ± 0.45 <sup>b</sup>	0.16	0.006**
AW	0.95 ± 0.006	0.95 ± 0.006	0.94 ± 0.006	0.94 ± 0.006	0.003	0.46
Color:						
<i>L</i> * (Luminosidad)	48.71 ± 3.01 <sup>a</sup>	43.19 ± 1.72 <sup>b</sup>	46.25 ± 0.60 <sup>ab</sup>	47.19 ± 2.16 <sup>ab</sup>	0.79	0.05*
<i>a</i> * (Rojo)	15.41 ± 1.18	13.45 ± 1.18	14.59 ± 1.18	14.59 ± 1.18	0.55	0.71
<i>b</i> * (Amarillo)	8.25 ± 0.56	8.48 ± 0.56	8.26 ± 0.56	7.16 ± 0.56	0.28	0.39
Hue*	50.9 ± 15.34	58.48 ± 0.21	60.86 ± 2.24	59.43 ± 8.94	2.49	0.56
Chroma*	14.9 ± 6.27	15.8 ± 0.91	17.08 ± 1.5	15.35 ± 4.04	0.97	0.91

AW: Actividad de agua. Los valores representan la media de tres repeticiones ± desviación estándar. EEM: Error estándar de la media. \*\*: Valor de significancia con  $P \leq 0.05$ . Superíndices (<sup>abc</sup>) diferentes en una misma fila indican diferencias entre tratamientos.



**Figura 2.** Curva de caída del pH en muestras del músculo LTL en corderos de pelo F1 (Katadin × Pelibuey) de madres suplementadas con extractos de *M. oleifera*.

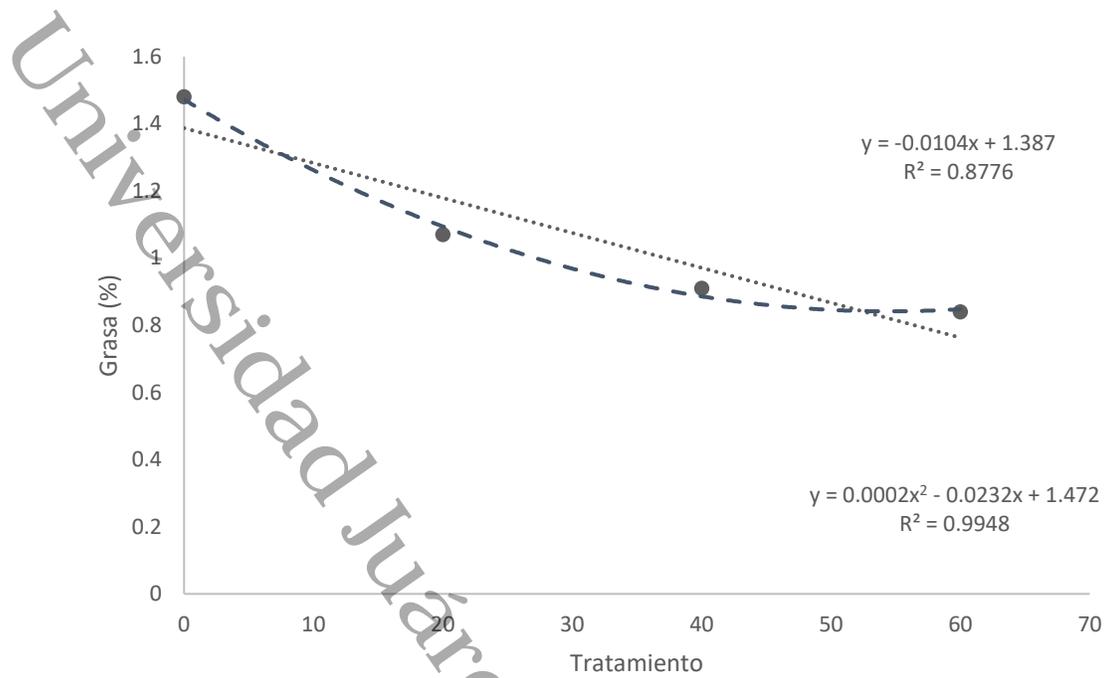
## 7.2 Análisis químico proximal

Respecto al análisis químico proximal, la suplementación con EMO's no tuvo un efecto sobre los parámetros de humedad, cenizas y proteína cruda, sin embargo, el contenido de grasa encontrado en el músculo LTL de corderos lactantes de madres suplementadas con EMO (Tabla 4) presentó valores de 1.48 en T1, 1.07 en el T2, 0.91 en T3 y 0.84% en T4. Se observó diferencia significativa ( $P=0.003$ ) entre los tratamientos suplementados con respecto al tratamiento testigo, no obstante, los grupos suplementados presentaron un porcentaje de grasa similar. Cabe destacar que se observó un comportamiento que se ajusta a un modelo lineal con un coeficiente de correlación lineal de Pearson con una  $R^2 = 0.88$  y un coeficiente de correlación no lineal en un modelo polinómico con una  $R^2 = 0.99$  (Figura 3).

**Tabla 4.** Composición fisicoquímica del M. *Longissimus dorsi et lumborum* en corderos de pelo F1 (Katadin × Pelibuey) de madres suplementadas con extractos de *M. oleifera*.

Variable	Nivel de suplementación con EMO (ml día <sup>-1</sup> )				EEM <sup>1</sup>	Valor de P
	0	20	40	60		
Humedad	74.27 ± 0.23	73.11 ± 1.16	72.13 ± 0.85	72.02 ± 1.10	0.35	0.054
Cenizas	1.15 ± 0.10	1.26 ± 0.11	1.21 ± 0.09	1.34 ± 0.15	0.03	0.29
Proteína	20.55 ± 0.51	19.80 ± 0.51	21.50 ± 0.51	20.66 ± 0.51	0.29	0.17
Grasas totales	1.48 ± 0.11 <sup>a</sup>	1.07 ± 0.18 <sup>b</sup>	0.91 ± 0.1 <sup>b</sup>	0.84 ± 0.16 <sup>b</sup>	0.08	0.003*

<sup>1</sup>EEM: Error estándar de la media; Superíndices (<sup>ab</sup>) diferentes en una misma fila indican diferencias entre tratamientos



**Figura 3.** Comportamiento lineal y no lineal de la grasa intramuscular en muestras del músculo LTL en corderos de pelo F1 (Katadin × Pelibuey) de madres suplementadas con extractos de *M. oleifera*.

## 8. Discusión

### 8.1 Análisis instrumental

#### 8.1.1 pH

Los resultados de pH 24 h registrados fueron valores de entre 5.29 y 5.45 (Tabla 3) y no mostraron diferencias entre tratamientos, por lo que no cumplieron con los estándares de calidad deseables en la carne de ovino descritos por Bezerra *et al.* (2016), puesto que debe encontrarse en un rango de entre 5.5 a 5.8, esto es importante, ya que ésta variable impacta directamente en la CRA y determina la textura final de la carne. En cuanto al pH 48 h, no hubo diferencia significativa ( $P = 0.24$ , Tabla 3) entre tratamientos y se encontró dentro de los estándares de calidad deseables mencionados anteriormente, con porcentajes que rondaron de 5.6 a 5.72. Estos resultados son similares a los reportados por Bezerra *et al.* (2016) quienes encontraron valores de 5.69, 5.70 y 5.72 del músculo *L. lumborum* en corderos Dorper  $\times$  Santa Inés de cinco meses de edad que fueron suplementados con residuos de cacahuate. En este sentido, Sañudo (1993) señala que el pH es una variable susceptible a cambios desde el momento del sacrificio y hasta su pico mínimo de caída, la cual depende en gran medida de la correcta temperatura de manipulación de la canal, cantidad de glucógeno contenido en el músculo y estrés previo a su muerte. Sin embargo, éste suele estabilizarse en animales normales cuando alcanza el *rigor mortis*.

#### 8.1.2 Pérdida por goteo

Las pérdidas por goteo observadas a las 24 h después del sacrificio rondaron valores de 1.31 a 2.44%, valores normales encontrados en la literatura para la carne de ovino, los cuales, mostraron una diferencia de medias significativa entre tratamientos ( $P = 0.006$ ). La menor pérdida de agua se observó en los tratamientos T2 y T3, sin embargo estos no difirieron de

T1, pero si a T4. Los valores encontrados en los tratamientos T1 y T4 están acordes a lo reportado por Partida de la Peña *et al.* (2013) con valores que rondan del 2 al 4%. No obstante son mayores a los encontrados en los tratamientos T2 y T3 con valores de pérdida de agua de 1.31 y 1.43%, estos resultados posiblemente se dieron por la variación en el tamaño de la muestra, ya que como lo describen Logan *et al.* (2019), el cual encontraron diferencia en la pérdida por goteo en muestras de 60 y 80 g de peso; ellos observaron, que la muestra pequeña tuvo mayor porcentaje de pérdida de agua (4.04 y 3.38%, respectivamente). Aun así, éstos valores (T3 y T4), son mayores a los reportados por Budimir *et al.* (2018) quienes encontraron un valor de pérdida por goteo a las 24 h de 0.77%, en corderos de 45 días de edad. Asimismo, son valores que entran dentro del porcentaje de pérdida por goteo (1.07 a 1.33%) a las 24 h encontrado por Danso *et al.* (2017) en el músculo LTL bajo tres sistemas de sacrificio Halal (cabezal eléctrico aturridor, aturdimiento eléctrico posterior en la cabeza y sin aturdimiento).

### 8.1.3 Color

Los parámetros de color medidos con la escala CIEL  $a^*b^*$  (Luminosidad, rojo y amarillo:  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ ) comprendieron un rango de 43.19 a 48.71 en  $L^*$  y de  $a^*$  y  $b^*$  y 13.45 a 15.41 y 7.16 a 8.48 respectivamente. Los valores de  $L^*$  presentaron una diferencia estadísticamente significativa entre los tratamientos T1 y T2, estos y los demás tratamientos fueron acordes a lo reportado por Cañeque y Sañudo (2005), que van de los 40 a 50 de  $L^*$ . De igual forma, los valores de  $L^*$ ,  $a^*$  y  $b^*$  observados en esta investigación están muy cerca de lo reportados por Danso *et al.* (2017) quienes encontraron valores de 41.66 a 43.5, 17.32 a 17.99 y 9.41 a 9.59, para  $L^*$ ,  $a^*$  y  $b^*$  respectivamente, en 30 corderos charoláis. Valores similares fueron reportados por Liu *et al.* (2016) con las coordenadas  $a^*$ , 13.41 a 14.10, al suplementar

corderos sometidos a estrés por calor con taninos de castaña, lo que aumento los valores de  $b^*$  y  $L^*$ , mejoró el desarrollo de los corderos, disminuyo su estrés y mejoró la calidad de su carne.

## **8.2 Análisis químico proximal**

### **8.2.1 Contenido de humedad/materia seca**

La suplementación con EMO no tuvo un efecto en el contenido de humedad reportado en el presente estudio, el cual fue de 72.02 a 74.27% (Tabla 4), estos valores se encuentran dentro de los rangos normales reportados en la carne de ovino. Diversos autores como Chikwanha *et al.* (2019), encontraron valores de 73.8 y hasta 74.5% de humedad en muestras del músculo LTL de corderos de la raza Dohne Merino suplementados con orujo de uva por 42 días. Asimismo, Budimir *et al.* (2018) reportaron valores de 73.45 a 74.55% de humedad en muestras tomadas del músculo *L. lumborum* en corderos lactantes de 40 y 60 días de nacidos.

### **8.2.2 Contenido de cenizas**

El contenido de cenizas encontrado en este experimento (1.15 a 1.34%), no mostró diferencias significativas entre tratamientos (Tabla 4). Estos resultados se encuentran dentro del rango reportado por Bagaldo *et al.* (2019), quienes encontraron que el contenido de cenizas del músculo *L. lumborum* en corderos Santa Inés en pastoreo suplementados con residuos de palma de licuri fueron de 1.08 a 1.12%. Esto coincide con lo encontrado en el presente estudio. Por otra parte, Bezerra *et al.* (2016) encontraron un contenido de cenizas de 1.07 a 1.23 en el musculo *L. lumborum* de corderos de 40 días de vida suplementados con residuos de cacahuete provenientes de la producción de biodiesel. A su vez y en el mismo

músculo, en corderos Assaf de 54 días de vida, Cohen-Zhinder *et al.* (2017) encontraron valores de ceniza en un rango de 1.31 a 1.37%, al incluir en el alimento balanceado ensilado de *M. oleifera*.

### **8.2.3 Contenido de proteínas**

La suplementación con EMO en ovejas de pelo no tuvo un efecto en el contenido de proteína (19.80 el más bajo y de 21.50 el más alto), valores acordes a lo reportado por Valenca *et al.* (2020), quienes reportaron porcentajes de 20.42 a 21.60 en el músculo *L. lumborum* en corderos de raza Ile de france suplementados con harina de cacahuete, glicerina y una mezcla de ambos.

Bezerra *et al.* (2016) por su parte, reportaron valores de proteína de 22.65 a 23.95%, más altos a los observados en la carne de los corderos lactantes evaluados en este experimento, que de acuerdo a estos autores, pudo deberse a la edad de los animales. Asimismo, Cohen-Zhinder *et al.* (2017) encontraron un valor medio de 22.33% en corderos Assaf suplementados con silo de *M. oleifera*, que como en el presente trabajo, no encontraron diferencia entre tratamientos.

### **8.2.4 Contenido de grasa**

El contenido de grasa encontrado tuvo un decremento mientras aumentaba la suplementación con EMO's, comportamiento similar al reportado por Valenca *et al.* (2020), en donde se pudo observar un descenso de la grasa de 4.12 en el tratamiento control, 3.10 en la harina de cacahuete, 3.76 en la glicerina y 2.94 en la mezcla de glicerina y harina de cacahuete. De igual forma, estos resultados coinciden con los resultados de Cohen-Zhinder

*et al.* (2017), quienes observaron un decremento de la grasa entre el control y el tratamiento en corderos Assaf suplementados con 18% de silo de *M. oleifera* en una dieta de alimento balanceado, en donde los valores que reportaron fueron de 5.94 y 3.83, respectivamente, lo cual refuerza la teoría de que la modificación de la dieta con diversos suplementos como lo son grasas y extractos de plantas medicinales puede modificar la composición de las grasas en la carne de ovinos en diversas etapas fisiológicas.

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.  
México.

## 9. Conclusiones

La suplementación en ovejas de pelo lactantes con los diferentes niveles de extracto de *M. oleifera* tuvo un efecto en pérdida de agua por goteo y sobre la luminosidad del músculo LTL, sin estar fuera de los parámetros de calidad reportados en la literatura. También se observó que el efecto de la suplementación con extracto de *M. oleifera* se vió reflejado sobre la grasa cuantificada de la carne de los corderos, la cual disminuyó de forma lineal mientras la dosis aumentó, lo que indica que la carne de cordero lactante de madre suplementada con extracto de *M. oleifera* tiene una calidad diferente a la de corderos de madres sin suplementar y contiene una menor cantidad de grasa.

## 10.Recomendaciones

Se recomienda replicar el experimento y realizar las mismas pruebas para confirmar los resultados obtenidos, y complementar con evaluación sensorial. Además se recomienda analizar el PAG en la dieta experimental, grasa subcutánea y cortes de interés industrial. De igual forma, se recomienda realizar un experimento con dosis más altas de extracto de *M. oleifera* y otras plantas medicinales para comparar los resultados obtenidos.

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.  
México.

## 11.Literatura científica citada

- Abdelmalek, Y. B., Essid, I., Smeti, S. y Atti, N. (2018) The antioxidant and antimicrobial effect of *Rosmarinus Officinalis* L. distillation residues' intake on cooked sausages from ewes fed linseed. *Small Ruminant Research*. 168: 87-93. doi.org/10.1016/j.smallrumres.2018.08.012
- AFRC (1993) Agricultural Food and Research Council. Energy and Protein Requirements of Ruminants. An Advisory Manual Prepared by the Agricultural Food and Research Council Technical Committee on Responses to Nutrients. CAB International, Wallingford, UK.
- Aguilar-Martínez, C. U., Berruecos-Villalobos, J. M., Espinoza-Gutiérrez, B., Segura-Correa, J. C., Valencia-Méndez, J., y Roldán-Roldán, A. (2017) Origen, historia y situación actual de la oveja Pelibuey en México. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*. 20(3): 429-439.
- Araujo-Febres, O. (2005) Factores que afectan el consumo voluntario en bovinos a pastoreo en condiciones tropicales. IX Seminario de pastos y forrajes. Facultad de Agronomía. Zulia, Venezuela. 1-12
- Ayodele, O. D., y Olabode, D. E. (2015) Total Antioxidant Activity, Total Phenolic and Total Flavonoid Content of Some Plant leaves in South-West Nigeria. *International Journal of Scientific and Engineering Research*. 8(6): 418-427.
- Azizi, A., Sharifi, A., Azarfar, A., Kiani, A. y Jolazadeh, A. (2017) Performance and ruminal parameters of fattening Moghani lambs fed recycled poultry bedding. *Animal Nutrition*. 3(2): 145-150. doi: <https://doi.org/10.1016/j.aninu.2017.02.004>
- Babiker E. E., Juhaimi F. A. L., Ghafoor K., Mohamed H. E. y Abdoun K. A. (2016) Effect of partial replacement of alfalfa hay with *Moringa* species leaves on milk yield and composition of Najdi ewes. *Tropical and Animal Health Production* 48: 1427-1433. doi 10.1007/s11250-016-1111-9
- Babiker, E. E., Juhaimi, F. A. L., Ghafoor, K. y Abdoun, K. A. (2017) Comparative study on feeding value of *Moringa* leaves as a partial replacement for alfalfa hay in ewes and goats. *Livestock Science*. 195: 21-26. doi.org/10.1016/j.livsci.2016.11.010.
- Bagaldo, A. R., Miranda, G. S., Júnior, M. S., de Araújo, F. L., Matoso, R. V. M., Chizzotti, M. L., Bezerra, L. R. y Oliveira, R. L. (2019) Effect of Licuri cake supplementation on performance, digestibility, ingestive behavior, carcass traits and meat quality of grazing lambs. *Small Ruminant Research*. 177: 18-24. doi: <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2019.05.020>.
- Barbera, S. (2019) WHCtrend, an up-to-date method to measure water holding capacity in meat. *Meat science*. 152: 134-140. doi: <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2019.02.022>.
- Bezerra, L.S., Barbosa, A.M., Carvalho, G.G.P., Simionato, J.I., Freitas, J.E. Jr., Araujo, M.L.G.M.L., Pereira, L., Silva, R.R., Lacerda, E.C.Q. y Carvalho, B.M.A. (2016)

- Meat quality of lambs fed diets with peanut cake. *Meat Science*. doi: 10.1016/j.meatsci.2016.05.019
- Bolado S. J. L., Linares, C. P., y Rincón, F. G. R. (2013) Prácticas de manejo previo a la matanza en ovinos y su efecto en la calidad de la carne. *Nacameh*. 7(1): 1-16.
- Braña, D., Ramírez, E., Rubio, M., Sánchez, A., Torrescano, G., Arenas, M. y Ríos, F. (2012) Manual de análisis de calidad en muestras de carne. Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Fisiología y Mejoramiento Animal, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Folleto Técnico.
- Budak, D. y Yilmaz, A. (2013) Effects of aromatic plants on rumen fermentation. *Macedonian Journal of Animal Science*. 3(1): 75-80
- Budimir, K., Trombetta, M. F., Francioni, M., Toderi, M. y D'Ottavio, P. (2018) Slaughter performance and carcass and meat quality of Bergamasca light lambs according to slaughter age. *Small Ruminant Research*. 164: 1-7. doi: <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2018.04.006>.
- Campos, F. S., Carvalho, G. G. P., Santos, E. M., Araújo, G. G. L., Gois, G. C., Rebouças, R. A. y Araújo, M. L. G. M. L. (2017) Influence of diets with silage from forage plants adapted to the semi-arid conditions on lamb quality and sensory attributes. *Meat Science*. 124: 61-68. doi: <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2016.10.011>.
- Cañeque, V. y Sañudo, C. (2005) Estandarización de las metodologías para evaluar la calidad del producto (animal vivo, canal, carne y grasa) en los rumiantes. Ed. INIA. 637. 51.
- Carrasco, S., Ripoll, G., Sanz A., Álvarez-Rodríguez, J., Panea, B., Revilla, R., Joy, M. (2009) Carcass tissue composition in light lambs: Influence of feeding system and prediction equations. *Livestock Science*. 126: 112–121. doi: 10.1016/j.livsci.2009.06.006.
- Castillo, J., Olivera, M., & Carulla, J. (2013) Descripción del mecanismo bioquímico de la biohidrogenación en el rumen de ácidos grasos poliinsaturados: una revisión. *Revista U.D.C.A. Actualidad & Divulgación Científica*. 16(2): 459-468.
- Castro-León, Y., Olivares-Pérez, J., Rojas-Hernández, S., Villa-Mancera, A., Valencia-Almazán, M., Hernández Castro, E., y Jiménez-Guillén, R. (2015) Efecto de tres árboles forrajeros en el control de *Haemonchus contortus* y cambios de peso en cabritos. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*. 2(5): 193-201.
- Chay-Canul, A. J., Aguilar-Urquiza, E., Parra-Bracamonte, G. M., Piñero-Vazquez, Á. T., Sanginés-García, J. R., Magaña-Monforte, J. G. y López-Villalobos, N. (2019a) Ewe and lamb pre-weaning performance of Pelibuey and Katahdin hair sheep breeds under humid tropical conditions. *Italian Journal of Animal Science*. 18(1): 850-857. 10.1080/1828051X.2019.1599305.
- Chay-Canul, A. J., Garcia-Herrera, R. A., Robertos, N. F. O., Macias-Cruz, U., Vicente-Pérez, R., y Meza-Villalvazo, V. M. (2019b) Relationship between body condition score and subcutaneous fat and muscle area measured by ultrasound in Pelibuey ewes. *Emirates Journal of Food and Agriculture*. 31(1): 53-58. doi: <https://doi.org/10.9755/ejfa.2019.v31.i1.1901>.

- Chikwanha, O. C., Muchenje, V., Nolte, J. E., Dugan, M. E., y Mapiye, C. (2019) Grape pomace (*Vitis vinifera* L. cv. Pinotage) supplementation in lamb diets: Effects on growth performance, carcass and meat quality. *Meat science*. 147: 6-12.
- Chilliard, Y., Glasser, F., Ferlay, A., Bernard, L., Rouel, J., & Doreau, M. (2007) Diet, rumen biohydrogenation and nutritional quality of cow and goat milk fat. *European Journal of Lipid Science and Technology*. 109(8): 828-855. doi: <https://doi.org/10.1002/ejlt.200700080>.
- Cohen-Zinder, M., Orlov, A., Trofimiyuk, O., Agmon, R., Kabiya, R., Shor-Shimoni, E. y Shabtay, A. (2017) Dietary supplementation of *Moringa oleifera* silage increases meat tenderness of Assaf lambs. *Small ruminant research*, 151: 110-116. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2017.04.021>.
- Danso, A. S., Richardson, R. I., y Khalid, R. (2017) Assessment of the meat quality of lamb *M. longissimus thoracis et lumborum* and *M. triceps brachii* following three different Halal slaughter procedures. *Meat science*. 127: 6-12. doi: [10.1016/j.meatsci.2016.12.014](https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2016.12.014).
- De Lima Júnior, D. M., de Carvalho, F. F., da Silva, F. J., Rangel, A. H. D. N., Novaes, L. P., y Difante, G. D. S. (2016) Intrinsic factors affecting sheep meat quality: a review. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*. 29(1): 03-15.
- Desdémona Martínez, E. (2014) Evaluación de corderos en pie y en canal. Trillas. 1ª edición. México. Editorial Trillas. 86 p.
- Dominguez-Hernandez, E., Salaseviciene, A., y Ertbjerg, P. (2018) Low-temperature long-time cooking of meat: Eating quality and underlying mechanisms. *Meat science*. 143: 104-113. doi: [10.1016/j.meatsci.2018.04.032](https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2018.04.032).
- Espinoza-Marín, R., Hernández-Mendo, O., Ortega-Cerrilla, M. E., Hernández-Sánchez, D., y Huerta-Bravo, M. (2017) Perfil de ácidos grasos de barbacoa de borregos pelibuey. *Agroproductividad*. 10(2): 3-8.
- Falowo, A. B., Mukumbo, F. E., Idamokoro, E. M., Lorenzo, J. M., Afolayan, A. J., y Muchenje, V. (2018) Multi-functional application of *Moringa oleifera* Lam. in nutrition and animal food products: A review. *Food research international*. 106: 317-334. doi: [doi.org/10.1016/j.foodres.2017.12.079](https://doi.org/10.1016/j.foodres.2017.12.079).
- Flakemore, A. R., Malau-Aduli, B. S., Nichols, P. D., y Malau-Aduli, A. E. O. (2017) Omega-3 fatty acids, nutrient retention values, and sensory meat eating quality in cooked and raw Australian lamb. *Meat science*. 123: 79-87. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2016.09.006>.
- Google earth. Consultado en: [https://earth.google.com/web/search/+Dzidzantun-Santa+Clara,+Yucat%3%aIn,+M%3%a9xicoc/@21.14327392,-89.03664817,4.77588534a,61231.57732747d,35y,-73.84333443h,60.47533248t,0.00000085r/data=CigiJgokCZuDQDj\\_QDVAEduGro-QPzVAGUMYWJU3QVbAIetC\\_9sXQlba](https://earth.google.com/web/search/+Dzidzantun-Santa+Clara,+Yucat%3%aIn,+M%3%a9xicoc/@21.14327392,-89.03664817,4.77588534a,61231.57732747d,35y,-73.84333443h,60.47533248t,0.00000085r/data=CigiJgokCZuDQDj_QDVAEduGro-QPzVAGUMYWJU3QVbAIetC_9sXQlba). (Consultado 19 de mayo del 2020).
- Holman, B. W., Kerr, M. J., Morris, S., & Hopkins, D. L. (2019) The identification of dark cutting beef carcasses in Australia, using Nix Pro Color Sensor™ colour measures,

- and their relationship to bolar blade, striploin and topside quality traits. *Meat science*. 148: 50-54. doi:10.1016/j.meatsci.2018.10.002.
- INAFED (Instituto Nacional para el Federalismo y el Desarrollo Municipal). Enciclopedia de los Municipios y Delegaciones de México. Estado de Yucatán. <http://www.inafed.gob.mx/work/enciclopedia/EMM31yucatan/municipios/31027a.html>. (3 de enero de 2020).
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). Anuario geográfico. [https://www.inegi.org.mx/app/cuadroentidad/AnuarioGeografico/Yuc/2018#mapa\\_m\\_climas](https://www.inegi.org.mx/app/cuadroentidad/AnuarioGeografico/Yuc/2018#mapa_m_climas). (3 de enero de 2020).
- Jenkins, T. C., Wallace, R. J., Moate, P. J., & Mosley, E. E. (2008) Board-invited review: Recent advances in biohydrogenation of unsaturated fatty acids within the rumen microbial ecosystem. *Journal of Animal Science*. 86(2): 397-412.
- Jenko, C., Bonato, P., Fabre, R., Perlo F., Tisocco O. y Teira, G. (2018) Ciencia, Docencia y Tecnología. 29(56): 224-241.
- Jerez-Timaure, N., Gallo, C., Ramírez-Reveco, A., Greif, G., Strobel, P., Pedro, A. V., y Morera, F. J. (2019) Early differential gene expression in beef Longissimus thoracis muscles from carcasses with normal (< 5.8) and high (> 5.9) ultimate pH. *Meat Science*. 153: 117-125. doi: <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2019.03.013>.
- Kholif, A. E., Gouda, G. A., Galyean, M. L., Anele, U. Y. y Morsy, T. A. (2018a) Extract of *Moringa oleifera* leaves increases milk production and enhances milk fatty acid profile of Nubian goats. *Agroforest Systems*. 93(5): 1877-1886 doi.org/10.1007/s10457-018-0292-9.
- Kholif, A. E., Gouda, G. A., Olafadehan, O. A., y Abdo, M. M. (2018b) Effects of replacement of *Moringa oleifera* for berseem clover in the diets of Nubian goats on feed utilisation, and milk yield, composition and fatty acid profile. *Animal*. 12(5): 964-972. doi: 10.1017/S1751731117002336
- Knight, M. I., Linden, N., Ponnampalam, E. N., Kerr, M. G., Brown, W. G., Hopkins, D. L., y Wesley, I. (2019) Development of VISNIR predictive regression models for ultimate pH, meat tenderness (shear force) and intramuscular fat content of Australian lamb. *Meat Science*. 155: 102-108. doi: <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2019.05.009>.
- Leone, A., Spada, A., Battezzati, A., Schiraldi, A., Aristil J. y Bertoli S. (2015) Cultivation, genetic, ethnopharmacology, phytochemistry and pharmacology of *Moringa oleifera* leaves: an overview. *International Journal of Molecular Science*. 16: 12791-12835. doi: 10.3390/ijms160612791
- Leroy, J.L.M.R., Vanholder, T., Mateusen, B., Christophe, A., Opsomer, G., Kruif, A., Genicot, G.A., Soom, A.V. (2005) Non-esterified fatty acids in follicular fluid of dairy cows and their effect on developmental capacity of bovine oocytes *in vitro*. *Reproduction*. 130 (4): 485 - 495. doi: 10.1530/rep.1.00735

- Liu, H., Li, K., Mingbin, L., Zhao, J. & Xiong, B., (2016) Effects of chestnut tannins on the meat quality, welfare, and antioxidant status of heat-stressed lambs. *Meat Science*. doi: 10.1016/j.meatsci.2016.02.024.
- Liu, J.-B., Guo, J., Wang, F., Yue, Y.-J., Zhang, W.-l., Feng, R.-l., Guo, T.-T., Yang, B.-H., Sun, X.-P. (2015) Carcass and meat quality characteristics of Oula lambs in China. *Small Ruminant Research* <http://dx.doi.org/10.1016/j.smallrumres.2014.10.003>
- Liu, Y., Wang, X., Wei, X., Gao, Z. y Han, J. (2018) Values, properties and utility of different parts of *Moringa oleifera*: an overview. *Chinese Herbal Medicines*. doi.org/10.1016/j.chmed.2018.09.002
- Logan, B. G., Bush, R. D., Biffin, T. E., Hopkins, D. L., y Smith, M. A. (2019) Measurement of drip loss in alpaca (*Vicugna pacos*) meat using different techniques and sample weights. *Meat Science*. 151: 1-3. doi: <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2018.12.012>.
- López-Baca, M. Á., Contreras, M., González-Ríos, H., Macías-Cruz, U., Torrentera, N., Valenzuela-Melendres, M. y Avendaño-Reyes, L. (2019) Growth, carcass characteristics, cut yields and meat quality of lambs finished with zilpaterol hydrochloride and steroid implant. *Meat science*. 158. doi: <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2019.107890>.
- Lourenço, M., Ramos-Morales, E., & Wallace, R. J. (2010) The role of microbes in rumen lipolysis and biohydrogenation and their manipulation. *Animal*. 4(7): 1008-1023. doi: 10.1017/S175173111000042X.
- Magdalena, S., Natadiputri, GH., Nailufar, F. y Purwadaria, T. (2013) Pemanfaatan produk alami sebagai pakan fungsional. *Indonesian Bulletin of Animal and Veterinary Sciences*. 23(1): 31-40.
- Manso T., Bodas R., Vieira C., Castro T., Mantecón A.R. (2012) Fatty acid composition of lambs suckling eyao fed with different vegetable oils. Challenging strategies to promote the sheep and goat sector in the current global context. CIHEAM / CSIC / Universidad de León / FAO. 361 -364.
- Manso, T., Bodas, R., Vieira, C., Castro, T., Gallardo, B., & Mantecón, Á. R. (2011) Uso de aceites vegetales en raciones de ovejas de raza Churra: efectos sobre el engrasamiento, el color y la composición de la grasa subcutánea de los lechazos. *CEOC*. 280-284
- Manso, T., Gallardo, B., Salvá, A., Guerra-Rivas, C., Mantecón, A. R., Lavín, P., y De la Fuente, M. A. (2016a) Influence of dietary grape pomace combined with linseed oil on fatty acid profile and milk composition. *Journal of Dairy Science*. 99(2): 1111-1120. doi: 10.3168/jds.2015-9981.
- Manso, T., Gallardo, B., y Guerra-Rivas, C. (2016b) Modifying milk and meat fat quality through feed changes. *Small Ruminant Research*. 142: 31-37. doi: <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2016.03.003>
- Mariezcurrana, M. D., Salem, A. Z. M., Tepichín, C., Rubio, M. S., y Mariezcurrana, M. A. (2013) Physical, chemical and sensory factors of Mexican and New Zealand sheep

- meat commercialized in Central of Mexico. *African Journal of Agricultural Research*. 8(28): 3710-3715.
- Martin, G.B., Milton, J.T.B., Davidson, R.H., Banchero-Hunzicker, G.E., Lindsay, D.R., Blache, D. (2004) Natural methods for increasing reproductive efficiency in small ruminants. *Animal Reproduction Science*. 82-83: 231 - 245. doi: 10.1016/j.anireprosci.2004.05.014
- Melesse, A., Steingass, H., Boguhn, J. y Rodehutschord, M. (2012) In vitro fermentation characteristics and effective utilisable crude protein in leaves and Green pods of *Moringa stenopetala* and *Moringa oleifera* cultivated at low and mid-altitudes. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*. 97: 537-546 doi: 10.1111/j.1439-0396.2012.01294.x.
- Modisaojang-Mojanaga, M. M., Ogbuewu, I. P., Oguttu, J. W., y Mbajiorgu, C. A. (2019) Moringa leaf meal improves haemato-biochemical and production indices in broiler chickens: a review. *Comparative Clinical Pathology*. 1-12. doi: https://doi.org/10.1007/s00580-019-02900-7
- Mohamed, F. A. E. F., Salama, H. H., El-Sayed, S. M., El-Sayed, H. S., y Zahran, H. A. H. (2018) Utilization of natural antimicrobial and antioxidant of *Moringa oleifera* leaves extract in manufacture of cream cheese. *Journal of Biological Science*. 18(2): 92-106. doi: 10.3923/jbs.2018.92.106.
- Nieto, G., Bañón, S., y Garrido, M. D. (2011) Effect of supplementing ewes' diet with thyme (*Thymus zygis* ssp. *gracilis*) leaves on the lipid oxidation of cooked lamb meat. *Food Chemistry*. 125(4): 1147-1152. doi: 10.1016/j.foodchem.2010.09.090.
- Nieto, G., Díaz P., Bañón, S. y Garrido, M. D. (2011) Effect on lamb meat quality of including thyme (*Thymus zygis* ssp. *gracilis*). *Meat Science*. (85): 82-88.
- Nieto, G., y Ros, G. (2012) Modification of fatty acid composition in meat through diet: effect on lipid peroxidation and relationship to nutritional quality—a review. In *Lipid Peroxidation*. InTech. doi: 10.5772/51114
- NORMA Oficial Mexicana NOM-033-SAG/ZOO-2014. (2015) Métodos para dar muerte a los animales domésticos y silvestres. DOF
- NORMA Oficial Mexicana NOM-194-SSA1-2004. (2004) Productos y servicios. Especificaciones sanitarias en los establecimientos dedicados al sacrificio y faenado de animales para abasto, almacenamiento, transporte y expendio. Especificaciones sanitarias de productos. DOF
- Nudda, A., Atzori, A. S., Boe, R., Francesconi, A. H. D., Battacone, G., y Pulina, G. (2018) Seasonal variation in the fatty acid profile in meat of Sarda suckling lambs. *Italian Journal of Animal Science*. 1-10.
- Partida de la Peña, J. A., Braña Varela, D., Jiménez Severiano, H., Ríos Rincón, F. G., & Buendía Rodríguez, G. (2013) Producción de carne ovina. Manual. 5-78
- Partida de la Peña, J., Ríos Rincón, F., De la Cruz Colín, L., Domínguez Vara, I., y Buendía Rodríguez, G. (2017) Caracterización de las canales ovinas producidas en México.

- Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias. 8(3): 269-277.  
doi:<https://doi.org/10.22319/rmcp.v8i3.4203>
- Reyes Sánchez, N., Rodríguez, R., Mendieta Araica, B., Mejía Sovalbarro, L., & Mora Taylor, A. P. (2009) Efecto de la suplementación con *Moringa oleífera* sobre el comportamiento productivo de ovinos alimentados con una dieta basal de pasto guinea (*Panicum maximum* Jacq.). *La Calera*. 9(13): 60-69.
- Rojas-Hernández, S., Olivares-Pérez, J., Chay-Canul, A. J., Villa-Mancera, A. E., Avilés-Nova, F., Córdova-Izquierdo, A., & Damián-Valdez, M. A. (2019) Evaluación de la densidad y uso integral de tres árboles leguminosos en los sistemas silvopastoriles en el trópico de Guerrero, México. *Polibotánica*. (47): 153-166. doi: <http://dx.doi.org/10.18387/polibotanica.47.11>
- Rojas-Rodríguez, O., Murguía-Olmedo, M. L., y Ramírez-Jaramillo, G. (2017) Efecto de *stevia rebaudiana bertonii* en alimento de corderos lactantes, sobre su desarrollo, consumo de alimento, nivel sérico de proteínas, mortalidad y costo. *Agroproductividad*. 10(2): 9-14.
- SADER (2018) Creció 70 por ciento la producción en el sector ovino nacional con alta calidad genética: SAGARPA. Disponible en: <https://www.inforural.com.mx/crecio-70-por-ciento-la-produccion-en-el-sector-ovino-nacional-con-alta-calidad-genetica-sagarpa/>.
- Salami, S. A., Luciano, G., O'Grady, M. N., Biondi, L., Newbold, C. J., Kerry, J. P. y Priolo, A. (2019) Sustainability of feeding plant by-products: a review of the implications for ruminant meat production. *Animal Feed Science and Technology*. 251: 37-55. doi: <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2019.02.006>
- Salem, A. S., Salama, W. M., Hassanein, A., & El Ghandour, H. M. (2013) Enhancement of nutritional and biological values of labneh by adding dry leaves of *moringa oleífera* as innovative dairy products. *Applied Sciences Journal*. 22: 1594-1602. doi: 10.5829/idosi.wasj.2013.22.11.13024
- Santos, A., Giráldez, F. J., Mateo, J., Frutos, J., y Andrés, S. (2018) Programming Merino lambs by early feed restriction reduces growth rates and increases fat accretion during the fattening period with no effect on meat quality traits. *Meat science*. 135: 20-26. doi: 10.1016/j.meatsci.2017.08.007.
- Santos-Silva, J., Francisco, A., Alves, S. P., Portugal, P., Dentinho, T., Almeida, J. y Bessa, R. J. (2019) Effect of dietary neutral detergent fibre source on lambs growth, meat quality and biohydrogenation intermediates. *Meat science*. 147: 28-36.
- Sañudo, A. C. (1993). La calidad organoléptica de la carne (IV). *M.G. Mundo ganadero*. Madrid, España. (2). 67-69.
- Seidavi, A., Tavakoli, M., Rasouli B., Corazzin, M y Salem, A. Z. M. (2018) Application of some trees/shrubs in ruminant feeding: a review. *Agroforest Systems*. 1-12. doi: <https://doi.org/10.1007/s10457-019-00362-y>. (Consultado 20 abril 2020).

- SIAP. (2019) Avance por estado. Tabasco. Disponible en: [http://infosiap.siap.gob.mx/repoAvance\\_siap\\_gb/pecAvanceEdo.jsp](http://infosiap.siap.gob.mx/repoAvance_siap_gb/pecAvanceEdo.jsp). (Consultado 20 abril 2020).
- Sreelather, S. y Padma P. R. (2009) Antioxidant activity and total phenolic content of Moringa oleifera leaves in two strategies of maturity. *Plant Foods for Human Nutrition*. 64: 303-311.
- Sulastri, E., Zubair, M. S., Anas, N. I., Abidin, S., Hardani, R., y Yulianti, R. (2018) Total Phenolic, Total Flavonoid, Quercetin Content and Antioxidant Activity of Standardized Extract of Moringa oleifera Leaf from Regions with Different Elevation. *Pharmacognosy Journal*. 10(6): 104-108. doi: 10.5530/pj.2018.6s.20
- Sun, B., Zhang Y., Ding, M., Xi, Q., Liu, G., Li, Y., Liu, D., y Chen X. (2016) Effects of Moringa oleifera leaves as a substitute for alfalfa meal on nutrient digestibility, growth performance, carcass trait, meat quality, antioxidant capacity and biochemical parameters of rabbits. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*. 102: 194-203. doi: 10.1111/jpn.12678
- Taheri-Garavand, A., Fatahi, S., Omid, M. y Makino, Y. (2019) Meat quality evaluation based on computer vision technique: A review. *Meat Science*. 156: 183-195. doi: <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2019.06.002>.
- Tejeda, J. F., y Ruíz, R. O. Y. J. (2006) Calidad de la carne de cordero y cabrito. *Las carnes de Extremadura. Ovino y Caprino*. 77-89.
- Titi, H. H., y Al-Fataftah, A. R. (2013) Effect of supplementation with vegetable oil on performance of lactating Awassi ewes, growth of their lambs and on fatty acid profile of milk and blood of lambs. *Archives Animal Breeding*. 56(1): 467-479. doi: <https://doi.org/10.7482/0003-9438-56-045>
- Trabelsi, I., Slima, S. B., Ktari, N., Triki, M., Abdehedi, R., Abaza, W. y Salah, R. B. (2019) Incorporation of probiotic strain in raw minced beef meat: Study of textural modification, lipid and protein oxidation and color parameters during refrigerated storage. *Meat science*. 154: 29-36. doi: <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2019.04.005>.
- Valença de Lima, R., da Silva Sobrinho, A. G., Romanzini, E. P., de Andrade, N., Borghi, T. H., Zeola, N. M. B. L., y da Silva Oliveira, V. (2020) Peanut meal and crude glycerin in lamb diets: Meat quality and fatty acid profile. *Small Ruminant Research*. 185: 106076.
- Valenti, B., Luciano, G., Pauselli, M., Mattioli, S., Biondi, L., Priolo, A. y Lanza, M. (2018) Dried tomato pomace supplementation to reduce lamb concentrate intake: Effects on growth performance and meat quality. *Meat science*. 145: 63-70. doi:10.1016/j.meatsci.2018.06.009.
- Vieira, C. (2019) Suckling lamb meat quality from ewes fed with different sources of fat, during storage under display conditions. *Small Ruminant Research*. 176: 47-54. doi: <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2019.04.014>

- Vieira, C., Fernández-Diez, A., Mateo, J., Bodas, R., Soto, S., & Manso, T. (2012) Effects of addition of different vegetable oils to lactating dairy ewes' diet on meat quality characteristics of suckling lambs reared on the ewes' milk. *Meat Science*. 91(3): 277-283.
- Webb, E. C., Casey, N., H. y Simela, L. (2005) Goat meat quality. *Small Ruminant Research*. 60(1-2): 153-166 doi.org/10.1016/j.smallrumres.2005.06.009
- Wolf, C., Messadène-Chelali, J., Ulbrich, S. E., Kreuzer, M., Giller, K., y Bérard, J. (2019) Replacing sunflower oil by rumen-protected fish oil has only minor effects on the physico-chemical and sensory quality of Angus beef and beef patties. *Meat science*. 154: 109-118. doi: <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2019.04.002>
- Yagoubi, Y., Joy, M., Ripoll, G., Mahouachi, M., Bertolín, J. R., y Atti, N. (2018) Rosemary distillation residues reduce lipid oxidation, increase alpha-tocopherol content and improve fatty acid profile of lamb meat. *Meat science*. 136: 23-29. doi:10.1016/j.meatsci.2017.10.007.
- Zhang, T., Jeong, C. H., Cheng, W. N., Bae, H., Seo, H. G., Petriello, M. C., y Han, S. G. (2018) Moringa extract enhances the fermentative, textural, and bioactive properties of yogurt. *LWT- Food Science and Technology*. 101: 276-284. doi: 10.1016/j.lwt.2018.11.010.

## Anexos

Article

# Effect of feeding lactating ewes with *Moringa oleifera* leaf extract on milk yield, milk composition and pre-weaning performance of ewe/lamb pair

Olvera-Aguirre G.<sup>1</sup>, Mendoza-Taco M. M.<sup>1</sup>, Arcos-Álvarez D. N.<sup>2</sup>, Piñeiro-Vázquez A. T.<sup>2</sup>, Moo-Huchin V. M.<sup>3</sup>, Canul-Solis Jorge.<sup>4</sup>, Castillo-Sánchez L.<sup>4</sup>, Ramírez-Bautista M. A.<sup>5</sup>, Vargas-Bello-Pérez. E.<sup>6</sup>, Chay-Canul A. J.<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>División Académica de Ciencias Agropecuarias. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, km 25. Carretera Villahermosa-Teapa, R/A La Huasteca. C.P. 86280. Colonia Centro Tabasco, México.  
13030027@itesa.edu.mx.

<sup>2</sup>Tecnológico Nacional de México/ Instituto Tecnológico de Conkal, Conkal, Yucatán, México.

<sup>3</sup>Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico de Mérida, km 5 Mérida-Progreso, Mérida, Yucatán, México.

<sup>4</sup>Tecnológico Nacional de México/ Instituto Tecnológico de Tizimín, Tizimín, Yucatán, México.

<sup>5</sup>Tecnológico Nacional de México/ Instituto Tecnológico de Chiná, Chiná, Campeche, México.

<sup>6</sup>Department of Veterinary and Animal Sciences, Faculty of Health and Medical Sciences, University of Copenhagen, Grønnegårdsvej 3, DK-1870 Frederiksberg C, Denmark.

\*Correspondence: aljuch@hotmail.com; Tel.: (optional; include country code; if there are multiple corresponding authors, add author initials) +xx-xxxx-xxx-xxxx (F.L.)

Received: date 15/05/2020; Accepted: date 24/06/2020; Published: date: in press.

**SIMPLE SUMMARY:** The use of plant extracts as supplemental additives in ruminant diets has shown beneficial effects. This study evaluated the effects of different doses of *Moringa oleifera* leaf extract (MOE) on milk production and milk composition in ewes and on pre-weaning performance of their lambs. At different doses, MOE supplementation did not affect overall productive traits in ewes and lambs and did not have detrimental effects on milk production and milk quality. Our results suggest that MOE could be used as an alternative feeding strategy when feeding resources are limited.

**Abstract:** The objective this study was to evaluate the effect of different doses of *Moringa oleifera* leaf extract (MOE) on milk production and milk composition in ewes and on pre-weaning performance of their lambs.



**animals**

an Open Access Journal by MDPI



## CERTIFICATE OF ACCEPTANCE

Certificate of acceptance for the manuscript (**animals-820360**) titled:  
Effect of feeding lactating ewes with *Moringa oleifera* leaf extract on milk yield, milk composition and pre-weaning performance of ewe/lamb pair

Authored by:

Gabriel Olvera-Aguirre; Miriam Marleny Mendoza-Taco; Darwin Nicolas Arcos-Álvarez; Angel Trinidad Piñeiro-Vázquez; Victor Manuel Moo-Huchin; Jorge Rodolfo Canul-Solís; Luis Castillo-Sánchez; Marco Antonio Ramírez-Bautista; Einar Vargas-Bello-Pérez; Alfonso Juventino Chay-Canul

has been accepted in *Animals* (ISSN 2076-2615) on 24 June 2020



Academic Open Access Publishing  
since 1996

Basel, June 2020

**Effect of ethanol-based extractions of *Moringa oleifera* lam. leaves on bioactive components and antioxidant activity : A natural feed additive for ruminant's diets**

**Olvera-Aguirre Gabriel<sup>1</sup>, Mendoza-Taco Miriam Marleny<sup>1</sup>, Gómez-Vázquez Armando<sup>1</sup>, Cruz-Hernández Aldenamar<sup>1</sup>, Moo-Huchin Victor Manuel<sup>2</sup> \*, Santiago-Cancino J.<sup>3</sup>, Vargas-Bello-Perez Einar<sup>4</sup> Chay-Canul Alfonso Juventino<sup>1</sup>**

*<sup>1</sup>División Académica de Ciencias Agropecuarias. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, km 25. Carretera Villahermosa-Teapa, R / A La Huasteca. CP 86280. Colonia Centro Tabasco, México.*

*<sup>2</sup>Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico de Mérida, km 5 Mérida-Progreso, Mérida, Yucatán, México.*

*<sup>3</sup>Faculty of Engineering and Sciences, Autonomous University of Tamaulipas, University Center Adolfo López Mateos, Building Knowledge Management Center 4° Floor, Ciudad Victoria, Tamaulipas 87120, Mexico.*

*<sup>4</sup>University of Copenhagen, Faculty of Health and Medical Sciences, Department of Veterinary and Animal Sciences, Grønnegårdsvej 3, DK-1870 Frederiksberg C, Denmark.*

*\*Autor de correspondencia:*

*vmmoo@yahoo.com*

# #5721 Resumen

RESUMEN REVISIÓN EDICIÓN

## Envío

<b>Autores/as</b>	Alfonso Juventino Chay-Canul
<b>Título</b>	Effect of ethanol-based extractions of Moringa oleifera lam. leaves on bioactive components and antioxidant activity: a natural feed additive for ruminant's diets
<b>Archivo original</b>	<a href="#">5721-15728-1-SM.DOCX</a> 2020-06-29
<b>Archivos comp.</b>	<a href="#">5721-15729-1-SP.DOCX</a> 2020-06-29 <a href="#">AGREGAR UN ARCHIVO COMPLEMENTARIO</a>
<b>Emisor/a</b>	Dr. Alfonso Juventino Chay-Canul 
<b>Fecha de envío</b>	June 29, 2020 - 06:17 PM 
<b>Sección</b>	Artículos
<b>Editor/a</b>	Ninguno asignado/a