BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA

FACULTAD DE CIENCIAS AGRÍCOLAS Y PECUARIAS

CALIDAD DE LA CARNE CON FUENTES DE ÁCIDOS GRASOS POLIINSATURADOS EN DIETAS PARA CERDOS

TESIS PROFESIONAL

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE

LICENCIADA EN INGENIERÍA AGRONÓMICA Y ZOOTECNIA

PRESENTA

CAMELIA HERNÁNDEZ VERGARA

DIRECTOR DE TESIS

DR. EUTIQUIO SONI GUILLERMO

CO-DIRECTOR

DR. NUMA POMPILIO CASTRO GONZÁLEZ

Tlatlauquitepec, Puebla, México. Diciembre de 2023

BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA

FACULTAD DE CIENCIAS AGRÍCOLAS Y PECUARIAS

CALIDAD DE LA CARNE CON FUENTES DE ÁCIDOS GRASOS POLIINSATURADOS EN DIETAS PARA CERDOS

TESIS PROFESIONAL

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE

LICENCIADA EN INGENIERÍA AGRONÓMICA Y ZOOTECNIA

PRESENTA

CAMELIA HERNÁNDEZ VERGARA

DIRECTOR DE TESIS

DR. EUTIQUIO SONI GUILLERMO

CO-DIRECTOR

DR. NUMA POMPILIO CASTRO GONZÁLEZ

ASESORES

DR. EDGAR VALENCIA FRANCO

DR. MARCOS PÉREZ SATO

Tlatlauquitepec, Puebla, México. Diciembre de 2023

La presente tesis titulada: Calidad de la carne con fuentes de ácidos grasos poliinsaturados en dietas para cerdos y realizada por Camelia Hernández Vergara, ha sido revisada y aprobada por el siguiente consejo particular, para obtener el título de:

LICENCIADA EN INGENIERÍA AGRONÓMICA Y ZOOTECNIA

Facultad de Ciencias Agrícolas y Pecuarias

Consejo Particular integrado por: **Firma**

Director: Dr. Eutiquio Soni Guillermo _____

Co-Director: Dr. Numa Pompilio Castro González _____

Asesor: Dr. Marcos Pérez Sato _____

Asesor: Dr. Edgar Valencia Franco _____

Tlatlauquitepec, Puebla, México. Diciembre de 2023.

El presente trabajo forma parte del Cuerpo Académico denominado: BUAP-CA-182 Producción Pecuaria Integral y de la Línea de Investigación: Producción integral de Rumiantes y no Rumiantes. Dicho trabajo, fue financiado con recursos propios.

AGRADECIMIENTOS

A Dios por permitirme llegar hasta aquí.

A todos los docentes, familiares, amigos y demás personas que me apoyaron, durante toda esta etapa.

A la Facultad de Ciencias Agrícolas y Pecuarias y al programa de Ingeniería Agronómica y Zootecnia por los conocimientos adquiridos durante mi formación profesional.

A el Dr. Eutiquio Soni Guillermo, por apoyarme y darme la oportunidad de trabajar este proyecto con él.

DEDICATORIA

A Dios por ayudarme, guiarme, darme y prestarme los días mientras estuve en esta etapa de mi vida, por mostrarme el camino, cuando sentía que no había salida, gracias por estar siempre.

A mi familia, padres, hermanos, que me motivaron, alentaron y apoyaron a continuar hasta el final. En especial a él que siempre fue mi pilar y la inspiración día a día para llegar a la meta

A mi amiga Salma por estar siempre ahí, apoyándome, cuidándome, guiándome, motivando, por ayudarme a creer en mí, a B, S, M, AM, J, por ser mis compañeros y amigos durante mi formación profesional en esta facultad.

A mí por lograr este sueño.

ÍNDICE GENERAL

Contenido **Página**

ÍNDICE DE CUADROS i
RESUMEN ii
ABSTRACT iii
I. INTRODUCCIÓN 1
II. OBJETIVOS 3
2.1 Objetivo general 3
2.2 Objetivos específicos 3
III. HIPÓTESIS 4
IV. REVISIÓN DE LITERATURA 5
4.1. El cerdo 5
4.2. Porcinocultura en México 5
4.3. Alimentación del cerdo 6
4.4. Requerimientos nutricionales 6
4.5. Carne de cerdo 6
4.6. Calidad de la carne 7
4.6.1. pH 8
4.6.2. Capacidad de retención de agua (CRA) 8
4.6.3. Color 9
4.6.4. Grasa 9
4.6.5. Textura 10
4.7. Lípidos 10
4.8. Ácidos grasos 11
4.8.1. Omega 3 13
4.8.2. Omega 6 13
4.9. Semilla de linaza molida 13
4.10. Aceite de atún 14
4.11. Aceite de canola 14

V. MATERIALES Y MÉTODOS.....16
5.1. Localización 16
5.2. Experimento 16
5.3. Tratamientos experimentales 16
5.4. Animales 16
5.5. Dietas 16
5.6. Variables a evaluar.....18
5.6.1. Características físico-químicas 18
5.6.1.1 Color…… 18
5.6.1.2 pH…….....18
5.6.1.3 CRA……...18
5.6.1.4 Textura…….....18
5.6.2 Perfil de ácidos grasos…….....19
5.7. Análisis estadístico.....19
VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN 20
6.1. Características fisicoquímicas.....20
6.2. Perfil de ácidos grasos en carne de lomo 20
VII. CONCLUSIONES.....23
VIII. LITERATURA CITADA 24

ÍNDICE DE CUADROS

Contenido	Página
Cuadro 1. Algunas características relacionadas con la calidad de la carne desde el punto de vista de diferentes eslabones de su cadena de producción.....	7
Cuadro 2. Nomenclatura de los ácidos grasos esenciales.....	12
Cuadro 3. Dietas para cerdo en finalización de 75 a 100 kg	17
Cuadro 4. Características fisicoquímicas en cerdos en finalización de 75 a 100 kg de peso.....	20
Cuadro 5. Ácidos grasos presente en carne de lomo de cerdo de 75 a 100 kg de peso.....	22

RESUMEN

La carne de cerdo en México al igual que en otras partes del mundo es una de las más consumidas, sin embargo, el ser humano ha hecho algunos cambios en su dieta debido a que busca satisfacer sus requerimientos de Omega 3 y Omega 6 para mejorar su estado de salud ya que hoy en día las enfermedades cardiovasculares son una de las principales causas de muerte. El objetivo de la presente investigación fue evaluar tres fuentes de ácidos grasos poliinsaturados (semilla de linaza, aceite de atún y aceite de canola) en dietas para cerdos en etapa de finalización (75-100 kg). Con la finalidad de mejorar la calidad de la carne con ácidos grasos poliinsaturados y las características fisicoquímicas. Se utilizaron 15 cerdos machos castrados híbridos (Landrace x Yorkshire x Pietrain) con un peso promedio inicial de 75± 3 kg durante cuatro semanas, los cerdos se alojaron en corrales individuales equipados con comedero tipo tolva y bebedero de chupón, distribuidos en un diseño completamente al azar con 5 repeticiones por tratamiento, los tratamientos fueron: semilla de linaza molida 8 % (T1), aceite de atún 4 % (T2) y aceite de canola 4 % (T4). Los resultados indican que hubo diferencias significativas en las características fisicoquímicas de la carne en pH, L*, a* y textura, por efecto de los diferentes tratamientos, además se modificó el perfil de ácidos grasos saturados, monoinsaturados y poliinsaturados. Por lo que se concluye que T3 y T2 fue donde hubo mejor respuesta para las variables de pH y L*, a*, textura respectivamente. Y para los ácidos grasos el T1 fue donde hay una menor concentración de AGS y mayor concentración de ácidos grasos poliinsaturados en el T1 y T3.

Palabras clave: Carne, pH, textura, CRA, ácidos grasos

ABSTRACT

Pig meat in Mexico, as in other parts of the world, is one of the most consumed, however, humans have made some changes in their diet because they seek to satisfy their requirements for Omega 3 and Omega 6 and improve their health status since today cardiovascular diseases are one of the main causes of death. The objective of this research was to evaluate three sources of polyunsaturated fatty acids (linseed, tuna oil and canola oil) in diets for finishing pigs (75-100 kg). In order to improve the quality of meat with polyunsaturated fatty acids and physicochemical characteristics. 15 hybrid castrated male pigs (Landrace x Yorkshire x Pietrain) were used with an initial average weight of 75± 3 kg for four weeks. The pigs were housed in individual pens equipped with a hopper feeder and a pacifier drinker, distributed in a completely randomly with 5 repetitions per treatment, the treatments were: ground flaxseed 8% (T1), tuna oil 4% (T2) and canola oil 4% (T4). The results indicate that there were significant differences in the physicochemical characteristics of the meat in pH, L*, a* and texture, due to the effect of the different treatments, in addition the profile of saturated, monounsaturated and polyunsaturated fatty acids was modified. Therefore, it is concluded that T3 and T2 were where there was the best response for the pH and L*, a*, texture variables respectively. And for fatty acids, T1 was where there was a lower concentration of SFA and a higher concentration of polyunsaturated fatty acids in T1 and T3.

Keywords: Meat, pH, texture, CRA, fatty acids

I. INTRODUCCIÓN

El cerdo (*Sus scrofa domesticus*) según diferentes autores fue el primer animal que el ser humano domestico, es un animal omnívoro, puede ser alimentado con productos y subproductos, tanto de origen vegetal y animal (Campion, 2013). La carne de cerdo es una carne riza, de buen sabor y de fácil acceso para la población mexicana, la carne de cerdo es una de las más consumidas a nivel mundial, teniendo en México una producción de carne de 1,730,051.364 toneladas (SIAP, 2022). México representa el 3.3% de consumo mundial de carne y ocupa el sexto lugar de consumidor más importante (COMECARNE, 2019). Siendo así que la producción de carne de cerdo (pollo, bovino, caprino, etc.) esta presionada debido a que los consumidores exigen productos de calidad. Algunos de los parámetros que el consumidor está exigiendo son la calidad bromatológica, propiedades sensoriales, la apariencia física, la calidad higiénica de la carne, que sea nutritiva, y con características organolépticas (Peinado, 2009).

Según distintos estudios realizados a lo largo de los tiempos las carnes se consideran fuentes de aminoácidos esenciales, minerales, como el hierro y zinc y vitaminas del grupo B, por ello sin excepción, alguna la carne proveniente del cerdo se caracteriza por tener una constitución a base de lípidos, su contenido de colesterol es de 70-80% además, se encuentra esterificado con ácido palmítico, esteárico y oleico. Las proteínas que este tipo de carne posee constan de un alto valor biológico, tiene una alta digestibilidad, un contenido elevado de aminoácidos y un aporte menor de hierro, zinc, fosforo, sodio y potasio. Es una buena fuente de vitamina B12 (Mouteria, 2009).

Las enfermedades cardiovasculares se han posicionado según distintos estudios como una de las principales causas de muerte afectando a población de todo el mundo (Chevez, 2020). Urquiaga (2017), señala que una alimentación de mala calidad, con un consumo elevado de grasas saturadas, ácidos grasos trans e hidratos de carbono refinados, aunados a un bajo aporte de antioxidantes y fibra son perjudícales para la salud. Por ello se considera que al existir una alimentación saludable y que además de ello sea rica en ácidos grasos insaturados, puede traer grandes beneficios en la salud, según estudios entre los principales se encuentra: reducir la prevalencia de diabetes mellitus, enfermedades cardiovasculares (ECV), cáncer mamario, entre otras.

Los lípidos son considerados uno de los nutrientes de vital importancia en la dieta tanto del hombre como en diferentes especies de interés zootécnico, los lípidos están compuestos por ácidos grasos poliinsaturados, monoinsaturados e insaturados (Valenzuela, 2002). Los ácidos grasos llamados poliinsaturados destacan debido a sus componentes dietarios que participan en diferentes procesos fisiológicos, estructurales entre otros (Cabezas, 2016). Se considera importante que haya un buen consumo de ácidos grasos esenciales Ω3 y Ω6, por lo que consumirlos es importante, debido a que el ser humano no cuenta con las enzimas necesarias para sintetizarlos, cabe recalcar que algunos autores mencionan que debe haber una relación en el consumo de 5:1 (Aires, 2005). Los ácidos grasos poliinsaturados de cadena larga Ω3 y Ω6, ofrecen grandes beneficios en la salud, por lo tanto, se ha hecho un incremento en producción y consumo de suplementos alimenticios ricos en omegas, especialmente Omega 3 (Ω 3) y Omega (Ω 6). Existen fuentes de ácidos grasos de origen vegetal (aceite de canola, semilla de linaza, aceite de girasol, ect.) y animal (aceite de atún, harina de anchovetas, cabezas de camarón).

Se han creado con el paso del tiempo estrategias nutrimentales para obtener alimentos con una mayor cantidad de ácidos grasos de cadena larga, utilizando algunas herramientas como la inclusión de diferentes fuentes de ácidos grasos tanto de origen vegetal como animal (Martínez et al., 2016). Sin embargo, algunos de los estudios realizados destacan que los niveles de aceite de atún, aceite de canola, se encuentran entre el 1% al 3% de inclusión en las dietas sin afectar las características organolépticas de la carne (Jathurashita et al., 2008;). Así mismo, también se menciona al incluir la semilla de linaza molida a una concentración de 0% y 3 % no hay efecto negativo. Por lo tanto, no se ha logrado saber con exactitud cuál es el porcentaje adecuado de los tres ingredientes para agregar a la dieta y no tener una alteración en las características de la carne (González, 2021)

El objetivo del presente trabajo es saber que fuente de ácidos grasos eleva la concentración de ácidos grasos en la dieta para cerdos en que se encuentren en la etapa final, sin que surjan efectos negativos en las variables físico-químicas de la carne, así como el mejoramiento en el perfil de ácidos grasos en carne de lomo.

II. OBJETIVOS

2.1. Objetivo general

Evaluar la calidad de carne utilizando tres fuentes de ácidos grasos poliinsaturados en dietas para cerdos en finalización.

2.2. Objetivos específicos

- Analizar el perfil de ácidos grasos poliinsaturados en carne de lomo con diferentes fuentes de ácidos grasos en dietas para cerdos en finalización.
- Evaluar las características fisicoquímicas de la carne de lomo con diferentes fuentes de ácidos grasos en dietas para cerdos en finalización.

III. HIPÓTESIS

Al incluir en la dieta semilla de linaza, aceite de atún y aceite de canola en cerdos en finalización, mejorará las características fisicoquímicas de la carne y aumentará la concentración de ácidos grasos en la carne de lomo.

IV. REVISIÓN DE LITERATURA

4.1. El cerdo

Es un animal mamífero, perteneciente a la familia *Sus scrofa domesticus*, se encuentra en todo el mundo, debido al consumo de su carne. La carne se aprovecha generalmente de animales de a 4 a 7 meses de edad, todo depende del tipo de sistema de donde provenga (Clavijo, 2021). El origen del cerdo moderno surge cuando se da el cruce del cerdo de Europa con el cerdo del Surueste de Asia, el cerdo de Europa era un animal caracterizado por ser rustico, quien, además tenía un desarrollo muy lento y una maduración tardía, mientras que el otro se caracterizaba por ser pequeño, con patas cortas, un crecimiento más rápido y una maduración temprana. (German *et al.*, 2005).

El cerdo llego a América en la época de la conquista, por lo que dichos animales se multiplicaron a gran velocidad en México y Brasil principalmente. Con el paso de los años el hombre fue modificando el cerdo hasta dar origen a distintas razas mejoradas con un propósito específico (carne, maternidad, prolífica). Actualmente existen mucha razas algunas son Duroc-Jersey, Hampshire,Yorkshire, Landrace, etc. Con el paso de los años el cerdo logro posicionarse entre los animales más eficientes debido a su precocidad, capacidad para multiplicarse, un ciclo corto y su elevada capacidad para la trasformación de nutrientes, lo que lo ha convertido en una fuente atractiva de carne para el ser humano (Araque, 2009).

4.2. Porcinocultura en México

La porcicultura es una actividad altamente destacable a nivel mundial, es una fuente de empleo, además de ingresos al país y al productor. Actualmente la actividad perteneciente al sector agropecuario denominad porcicultura se mantiene como una industria importante dentro del territorio nacional, generando más de un millón de toneladas anualmente y en los estados de Jalisco, Sonora y Puebla es donde presenta un mayor peso, puesto que han llegado a representar hasta un 48% de la producción en la República Mexicana (Iglesias *et al.*, 2017).

La industria porcina ha avanzado en gran medida, para obtener líneas genéticas precoces, mejores índices en la conversión alimenticia y obtención de carnes magras: estos avances son con el objetivo es tener canales más pesadas, de menor costo y la carne sea nutritiva. El mercado exige productos que sean comestibles, nutritivos, saludables y que satisfagan las necesidades del consumidor. Del cerdo se ocupa casi todo en su totalidad, los principales componentes consumidos son la carne, piel, sangre y huesos; y aunque la mayoría son

consumo humano, también tiene ocupaciones en la medicina, ya que la piel de cerdo es utilizada en quemaduras de tercer grado en el hombre (Franco, 2018).

4.3. Alimentación del cerdo

La alimentación que recibe el cerdo es un elemento muy importante durante la producción, puesto que de esta depende no solo los rendimientos productivos de los cerdos, sino también entra el factor de la rentabilidad de la granja, se dice que de la alimentación representa entre un 80 a un 85% de los costos totales de producción (Campabadal, 2009). Es necesario que el alimento ofrecido cumpla con los requerimientos nutricionales en las distintas fases productivas del cerdo, así mismo el alimento ofrecido debe ser nutritivo es decir debe de haber un aprovechamiento de los nutrientes ingeridos a través del alimento. Los requerimientos nutricionales del cerdo dependen de diversos factores como raza, genética, sexo, etapa de desarrollo entro otros (Murcia *et al.*, 2021)

4.4. Requerimientos nutricionales

Ahora bien, debido a la evolución que han sufrido las líneas genéticas porcinas, los requerimientos nutricionales de los cerdos también han sufrido modificaciones y para otorgar a los cerdos una buena nutrición mediante una dieta hay que utilizar los organismos que ofrecen la información de los requerimientos nutricionales que necesitan en cada etapa de su crecimiento como el National Research Council (NRC, 2012), Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal (FEDNA, 2006) (García-Contreras *et al.*, 2012).

4.5. Carne de cerdo

El elemento principal del cerdo es la carne, la cual está constituida por la parte muscular de los animales, después del sacrificio, la porción muscular (constituida mayormente por fibras musculares, colágeno y grasa) es sometida a un proceso de cambios que transforman el musculo en carne (Horcada y Polvillo 2010).

Ahora bien, dentro de la clasificación de las carnes rojas, la de cerdo es una de las tres principales junto con la carne de bovino y ovino, presentes en la dieta de los mexicanos. Se considera que el consumo de estas ayuda a un crecimiento sano y contribuye al desarrollo de ser humano en sus diferentes etapas de crecimiento, (Cortés *et al.* 2012). Algunos de sus componentes principales (variable en cada especie) son: agua (65-80%), proteína (16-22%) y grasa (1-15%), también contiene pequeñas cantidades de aminoácidos libres, péptidos,

nucleótidos, etc.), minerales de elevada biodisponibilidad como hierro y zinc, vitaminas del complejo B como vitamina B6, B12, retinol y tiamina (Horcada y Polvillo 2010).

4.6. Calidad de la carne

Si bien, no se puede definir calidad de la carne desde una sola perspectiva debido a que cada eslabón de la cadena de producción, desde el productor hasta el consumidor pasando por la industria, nutricionista etc., la abordan de distintas formas en cuanto a este concepto de "calidad" se refiere (Cuadro 1) (Ruiz *et al.*, 2004).

Sin embargo, algunas de las características naturales más importante que determinan la calidad la carne fresca son las propiedades fisicoquímicas (pH, CRA, color, textura, entre otras), organolépticas (suavidad, consistencia, olor, sabor etc.) estas características son tomadas en cuenta de acuerdo al consumidor, productor, etc. (Alarcón *et al.*, 2006).

Se considera que una carne con buena calidad organoléptica debe poseer un buen color, olor, que sea suave y jugosa. La calidad tecnológica de la carne se mide para conocer su capacidad de realizar derivados cárnicos de alta calidad (salchicha, jamón, etc.) y tener un pH óptimo de >5.5 a las 24 horas post morten (Alejandra *et al.*, 2017).

Cuadro 1. Algunas características relacionadas con la calidad de la carne desde el punto de vista de diferentes eslabones de su cadena de producción.

Productor	Nutricionista	Consumidor	Tecnológica
Rendimiento	Sanidad	Características sensoriales	pH
% de grasa	Inocuidad	Apariencia física a la hora de comprar	CRA
% de carne magra	Composición	Higiene	
Velocidad de crecimiento		Facilidad a momento de cocción	
Cantidad			

Fuente: Ruiz *et al.*, (2004); Campion (2013); Echenique (2016).

Ahora bien, cabe resaltar que la calidad de la carne se puede ver afectada por factores en la granja, en el transporte a la planta de procesado de faenado, por lo que si el cerdo a la ora del sacrificio recibe un mal manejo, la carne puede presentar petequias, color inadecuado, abscesos, contusión en la canal (Alarcón *et al.*, 2008).

4.6.1. pH

Si bien, la calidad de la carne se ve muy afectada por el pH debido a su impacto en la estabilidad de las proteínas musculares. El nivel de pH en el que la carga neta de las proteínas cárnicas es neutral y encuentra alrededor de 5.5 o 5, muy cercano al pH de la carne que generalmente es de 5.5. (Ruiz *et al.*, 2004)

Las carnes PSE son carnes pálidas, blandas exudativas que resulta de la relación que hay entre la sensibilidad genética al estrés y la calidad de la carne. Esto se debe a un exceso de glucolisis después de la muerte del animal, hay elaboración de ácido láctico y caída repentina del pH muscular. Cuando los valores del pH bajan repentinamente después de llevar a cabo el sacrificio a 5.0 a 5.2 antes de la primera hora, y con una temperatura de la canal de 37°C, se obtienen las carnes PSE. Una caída de pH lenta y se estabiliza a las 24 horas en 6.2, son carnes oscuras, firmes y secas (DFD), estás carnes son susceptibles a presentar inestabilidad y problemas de seguridad alimentaria debido al el elevado pH, lo que a su vez puede favorecer la proliferación bacteriana. Sin embargo, cuando la caída del pH es lenta, y esta se acelera a las 3-4 horas post morten y finaliza en valores iguales o menores a 5.5 a estas se les puede llamar carnes acidas (Campion, 2013).

4.6.2. Capacidad de retención de agua (CRA)

La capacidad de retención de agua (CRA) es una propiedad físico-química que presenta la carne (bovino, ovino, porcino, caprino, ave, conejo), está asociada con el color, firmeza, jugosidad y textura de la carne cocida, una baja CRA puede propiciar perdida de algunas proteínas solubles, vitaminas, minerales, afectando la jugosidad de la carne cuando ya está cocida (Trujillo *et al.*, 2015).

Campion (2013) menciona que la capacidad de retención de agua (CRA) es un parámetro determinante de la característica tecnológica de la carne, ya que esta puede determinar su capacidad para la transformación o su aptitud de conservación. La CRA se refiere a la facilidad de la carne para evitar el desprendimiento de agua del interior. Aproximadamente

entre el 65 y el 80% del peso del músculo es agua, y la mayor parte del agua se retiene por acción capilar en los espacios entre las fibras musculares que forman la fibra muscular.

La capacidad de retención de agua, el color y el pH son parámetros sensoriales y tecnológicos que están interrelacionados, por lo tanto, si la tasa de cambio y disminución del pH ocurre muy rápidamente, la capacidad de retención de agua del agua será menor debido a los cambios en las fibras musculares y proteínas sarcoplásmicas (Álvarez y Romero 2018).

4.6.3. Color

Algo resaltable en las carnes rojas es el color, ya que es el principal atributo por el que se guía un consumidor para adquirir el producto (Oyague, 2007). En la carne al igual que en otros materiales, al dar un rayo de luz en su superficie se produce una reflexión difusa, a eso se le define como color. Al incurrir una luz blanca sobre una sustancia, ciertas longitudes de onda que componen esa luz blanca, serán absorbidas, por la muestra, el color se forma por aquellas longitudes de onda que no fueron absorbidas por la sustancia (Ripoll *et al.*, 2023).

En la carne de cerdo el color depende del contenido de pigmentos y esto varía de acuerdo a la especie, raza, sexo, edad, ejercicio, alimentación, transporte, cuidado, manejo entre otras, por ello el pigmento que se encuentra en mayor cantidad en la carne es la mioglobina, la cual es uno de los pigmentos que dan el color a la carne junto con la hemoglobina. Luego del sacrificio, la mioglobina se encarga de dar el color debido a que la hemoglobina se pierde en el sangrado. (Peinado *et al.*, 2019).

4.6.4. Grasa

Por otra parte, la composición y la distribución del tejido adiposo en la carne son factores determinantes en la calidad sensorial, tecnológica y nutritiva de la carne (Ruiz *et al.*, 2004), la grasa, es una característica esencial en la calidad de la carne, ya que contribuye a reducir la fuerza a realizar durante el corte o la masticación, además incrementa la jugosidad y el aroma de la misma (Campion, 2013). Los depósitos de grasa en el cerdo se encuentran principalmente a nivel subcutánea, es decir la grasa de cobertura, en la cavidad abdominal o también llamada grasa perineal, entre los músculos que es la grasa intermuscular y en el interior de los haces musculares que recibe el nombre de grasa intramuscular y/o grasa de (marmoleo) o veteado (marmoleo) (Echenique, 2007).

Horcada y Polvilllo (2010) menciona que la grasa puede ser muy variable en cuanto a la calidad y a la cantidad presente en la misma, la composición de la grasa también es variable dependiendo de la especie animal, la raza o la edad entre otros. La grasa intramuscular de cerdo se compone fundamentalmente de lípidos neutros (triglicéridos) y lípidos polares. Ahora bien, dentro de los lípidos neutros se encuentran pequeñas cantidades de colesterol, y en menor concentración ácidos grasos libres, así como vitaminas liposolubles y pequeñas cantidades de hidrocarburos. Cabe destacar que la grasa tiene un efecto sobre el aroma de la carne, debido a sus componentes mayoritarios de la grasa, es decir, los ácidos grasos, son precursores de un gran número de compuestos volátiles responsables del aroma (Ruiz *et al.*, 2004).

4.6.5. Textura

La textura es una de las cualidades organolépticas valoradas especialmente por el consumidor (Sánchez *et al*., 2019), es definida como un conjunto de sensaciones que se logran percibir durante la masticación y deglusion del alimento (Ruiz *et al*., 2004). Por otra parte, la dureza se definir como la capacidad de la carne para cortar y masticar. Contribuyen tres proteínas musculares principales: proteínas del tejido conectivo (colágeno, elástico y reticulina), proteínas miofibrilares (actina y miosina) y proteínas sarcoplásmicas. Otros componentes como el contenido de grasa osmótica, la estructura del tejido conectivo, el estado de dureza, el tamaño del haz muscular, y la capacidad de retención de agua afectan la dureza de la carne. Además, las propiedades y contenido de colágeno son los factores que más contribuyen a la dureza de la carne (Horcada y Polvillo 2010).

4.7. Lípidos

Es bien sabido que los lípidos son sustancias químicamente muy diversas, formadas por átomos de carbono, hidrógeno y oxígeno, presentando en su composición átomos de nitrógeno, fósforo y en menor proporción azufre. Según estudios se le también se le denomina grasa y es el término genérico usado para agrupar varias clases de lípidos (triglicéridos, ácidos grasos, fosfolípidos, glucolípidos, colesterol y otros esteroles) aunque generalmente se refiere a los acilglicéridos, ésteres en los que uno, dos o tres ácidos grasos se unen a una molécula de glicerina o glicerol, formando monoglicéridos, diglicéridos y triglicéridos respectivamente (Carvajal, 2019).

4.8. Ácidos grasos

Por otra parte, los ácidos grasos son las biomoléculas principales de las grasas y están formadas por una cadena de átomos de carbono e hidrógeno y el grupo funcional es el grupo carboxílico (-COOH). Cada átomo de carbono se une al siguiente y al precedente por medio de un enlace sencillo o doble dejando uno o dos radicales libres que son ocupados por un átomo de H. cabe destacar que los ácidos grasos se pueden diferencian entre ellos por el número de átomos de carbono que forman su cadena carbonada, así como, por el número y posición de los dobles enlaces dentro de la misma. En general podemos escribir un ácido graso genérico como Rn-COOH, donde R es la cadena hidrocarbonada que identifica a cada ácido en particular (Horcada y Polvillo 2010).

Los ácidos grasos son moléculas con diferentes características, los ácidos grasos (AG) se catalogan u organizan por la longitud de su cadena como: de cada corta (4-6 carbonos), de cadena media (8-12 carbonos), de cadena larga (14-18 carbonos) y de cadena muy larga (20 o más carbonos); por su grado de saturación se dividen en saturados (monoinsaturados) e insaturados insaturados (poliinsaturados). De acuerdo a la posición del primer doble enlace de la cadena, denominado omega (Ω), contando a partir del extremo del metilo, existen tres familias de AG poliinsaturados Ω-3, Ω-6, y Ω-9. Algunos de los AG mencionados anteriormente también reciben el nombre de ácidos grasosos esenciales (AGE) (Cuadro 2), estos no pueden ser sintetizados por el cuerpo humano por lo tanto deben de ser ingeridos mediante la dieta además de que son necesarios para algunas funciones (estructura de las membranas celulares, transporte de las células etc.) estos son de las familias Ω-3 y Ω-6, conocidos como Omega-3 y Omega-6 (Castro-González, 2002).

Cuadro 2. Nomenclatura de los ácidos grasos esenciales

Nombre común	Nombre sistemático	Abreviatura	Formula
	Familia Ω-6		
Linoleico	Cis-9,12, -octadecadienoico (LA)	18:2 Ω-6	$C_{18}H_{32}O_2$
γ- linolénico	Cis-6, 9,12 –octadecatrienoico	18:3 Ω-6	$C_{18}H_{30}O_2$
Dihomoglinolénico	Cis-8,11,14 –eicosatrienoico	20:3 Ω-6	$C_{20}H_{34}O_2$
Araquidonico (AA)	Cis-5,8,11,14-eicosatetraenoico	20:4 Ω-6	$C_{20}H_{32}O_2$
Adrénico	Cis-7,10,13,16-docosatetraenoico	22:4 Ω-6	$C_{22}H_{36}O_2$
Osmond	Cis-4,7,10,13,16-docosapentaenoico	22:5 Ω-6	$C_{22}H_{34}O_2$
	Familia Ω-3		
α-linolénico	Cis-9,12,15-octadecatrienoico (ALA)	18:3 Ω-3	$C_{18}H_{30}O_2$
Estearidónico	Cis-6,9,12,15-octadecatetraenoico	18:4 Ω-3	$C_{18}H_{28}O_2$
Timnodónico	Cis-5,8,11,14,17-eicosapentaenoico (EPA)	20:5 Ω-3	$C_{20}H_{30}O_2$
Clupanodónico	Cis-7,10,13,16,19-docosapentaenoico (DPA)	22:6 Ω-3	$C_{22}H_{34}O_2$
Cervónico	Cis-4,7,10,13,16,19-docosahexaenoico (DHA)	22:6 Ω-3	$C_{22}H_{32}O_2$

Fuente: Dupont, 1999

Es importante resaltar que los ácidos grasos esenciales (AGE) son el ácido linoleico (LA,18:2 Ω 6) y el ácido α-linoleico (ALA, 18:2 Ω 3), en los que el primer doble enlace está situado a seis o tres carbonos respectivamente del medio terminal (Ronayne, 2000). La síntesis del ácido graso linoleico produce al ácido γ-linoleico (GLA), al ácido dihomo-γ-linolénico (DGLA), al acido araquidónico (AA). La síntesis del ácido graso α-linolénico produce el ácido eicosapentaenoico (EPA) y el ácido docosahexaenoico (DHA). Adicionalmente, a partir de AA, EPA y DHA se prodece compuestos como prostanf+glandinas (PGs), tromboxanos (TXs), entre otros (Sanhueza *et al.*, 2015).

4.8.1. Omega 3

Cabe resaltar que dentro de la familia de los Omega-3, los más relevantes es el ácido eicosapentenoico (EPA) y el ácido docosahexaenoico (DHA), ambos ácidos grasos son de difícil síntesis endógena y poseen importantes funciones en el organismo. El EPA es un ácido graso básico útil para la regulación de la funcionalidad cerebral, además contribuye al desarrollo adecuado del cerebro y la vista. El DHA es un ácido graso de estructura, pues forma parte de las membranas celulares (Aires *et al.*, 2005).

Algunas fuentes de AG Ω-3 son el lino, semillas de calabaza, en las nueces, yema de huevo, carne de rumiantes, carne de cerdo, pero principalmente lo encontramos en la sardina, arenque, salmón y atún, los cuales también son llamados pescados de agua fría, además también está presente en la grasa de mamíferos marinos y mariscos (Castro-González, 2002).

4.8.2. Omega 6

Los dos principales ácidos grasos Ω-6 son el linoleico y araquidónico que forman parte de los triacilgliceroles que se consumen normalmente a través de la dieta humana. Algunas de las funciones del Ronayde omega-6 es su papel en las distintas patologías como las enfermedades cardiovasculares, la diabetes, el cáncer o los procesos relacionados con el envejecimiento (Castro, 2018). Estos ácigos grasos se encuentran en los aceites vegetales como el aceite de soya, aceite de canola, aceite de sésamo, cártamo y girasol (Nasiff, 2009).

4.9. Semilla de linaza molida

Según estudios realizados con anterioridad, se encontró que los niveles de harina de linaza (0, 5, 10 y 15%) afectaron las variantes de producción en cerdos que pesaban entre 32 y 60 kg, según el estudio se registró un efecto cuadrático obtenido con un nivel de ganancia diaria del 5%, pero ningún efecto. Se aplica a cerdos que pesan entre 60 y 85 kg; de manera similar, estos autores Eastwood *et al.*, (2009) informaron que los niveles de harina de linaza no afectaron las variables de producción en cerdos de mayor peso vivo (85-115 kg y 32-115 kg).

En otras investigaciones utilizaron linaza y no se encontraron diferencias en color, pH y CRA cuando se probó la linaza molida a 0 y 3%. Sin embargo, los mismos autores (Nuernberg *et al.*, 2005; Haak *et al.*, 2008; Mas *et al.*, 2011), indican que no hubo diferencias significativas en los ácidos grasos saturados y monoinsaturados en la carne del músculo *Longissimus dorsi* con la adición de 0 y 3 % de linaza, pero informaron que el ácido linolénico y el ácido graso

monoinsaturado cis-11, 14, el ácido 17-eicosatrienoico aumentó un 3%, para cerdos con un peso de 70 kg.

4.10. Aceite de atún

Continuando con otros estudios, Jaturasithta *et al.*, (2009) utilizaron 0% y 2% de aceite de atún y encontraron que el color del índice L*, a* y b* estaba influenciado por el contenido de aceite en la dieta para cerdos de 90, 100 y 110 kg de peso vivo. A medida que aumentó el contenido de aceite de atún y el peso corporal del animal, se encontró una disminución en el brillo y un incremento en a* y b*; además, la textura se alteró cuando el contenido de aceite de atún se incrementó en un 2% en comparación con el control sin aceite. Por otra parte, en otro estudio de estos mismos autores en cerdos de 35-90, 35-60 y 75-90 kg no se detectaron diferencias en la textura de la carne, cabe destacar que fueron alimentados con 0, 1 y 3 dosis de aceite de atún.

Así, en animales de 35 a 90 kg y otros de 35-60 y 75-90 kg, los primeros alimentados con 0 y 1% en comparación y los últimos con 3% de aceite de atún, se observó que el color se ve afectado de manera similar al nivel reducido de aceite. Aumentó un 1% y aumentó un 3%; pero no se aplica a a* y b* en diferentes etapas de producción (Jaturasitha *et al.*, 2009); mientras que el ácido Ω-6 disminuyó 1% en animales con peso de 35 a 60 kg; y aumentó de 3,15,5 a 16,5% en animales con un peso corporal de 75 a 90 kg; Sin embargo, el ácido Ω-3 aumentó en ambas etapas de engorde: 1,5 a 2,11% en la primera etapa y 1,73 a 2,10% en la segunda etapa. Por su parte, Lisiak *et al.*, (2013) no encontraron efectos sobre el color y el pH con aceite de pescado 0, 1 y 2 en dietas para cerdos.

Por otra parte, Pochón *et al.* (2012) llegan a la conclusión que la incluir de 0 y 5 % de aceite de pescado en las dietas para cerdos no produjo cambios en la composición de ácidos grasos de la carne. Sin embargo, otros estudios (Meers *et al.*, 2006; Khiosa *et al.*, 2011) mencionaron que los niveles de Ω-3 de cadena larga como el ácido docosahexaenoico (DHA) y el ácido eicosapentaenoico (EPA) aumentaron a raíz de incremento de los niveles de aceite en la dieta.

4.11. Aceite de canola

Este tipo de aceite es evaluado, según estudios al 0, 5 y 10% en dietas de cerdos con peso vivo de 27 a 102 kg (Myer *et al.*, 2014), lo que mostró una disminución en la composición

de ácidos grasos saturados y un aumento en los ácidos grasos oleico y linoleico de cadena larga con grandes cantidades de ácidos grasos saturados. el nivel de inclusión es del 2

De manera similar, en cerdos que pesaban entre 70 y 120 kg alimentados con 1,5 y 3,0 % de aceite de canola, no se observó ningún efecto del aceite agregado sobre el color, el pH, la CRA y la textura del cerdo. Músculo *longissimus dorsi* y músculo *semimembranosus*. Estos autores (Bertol *et a*l., 2013), también mencionaron que al probar diferentes fuentes de aceite (canola, soya y aceite de canola más linaza) al 1.5 y 3.0%, no se observaron diferencias significativas con los ácidos grasos saturados, sin embargo, con el aceite de canola aumentaron más ácido linoleico en grasa dorsal. Por otro lado, en otros estudios realizados (Alonso *et al*. 2012) no se encontraron diferencias significativas en pH y color cabe destacar que se evaluaron tres fuentes de aceite los cuales fueron sebo, aceite de soya y aceite de palma, sin embargo, sí encontraron efecto en CRA cuando la dieta contenía aceite de soya, de igual manera en el musculo *Longissimus torácico*.

Otros estudios (Rojo *et al*., 2001), demostraron que la grasa dorsal o el área del músculo *Longissimus dorsi* no cambiaba cuando se realizaba un remplazo en la harina de soya con un 50% de harina de canola en dietas de cerdos con un peso vivo de 69 kg. Por ende, se concluyó que no utilizar harina de canola en las dietas de cerdos con peso vivo de 96 a 118 kg en dos experimentos (0, 7,5, 15% o 0, 7,5, 15 y 22,5%, respectivamente) (Seneviratne *et al*., 2010).

V. MATERIALES Y MÉTODOS

5.1. Localización

El estudio se realizó en la Unidad Porcina Experimental de la Granja del Colegio de Postgraduados, ubicada en Montecillos, Municipio Texcoco perteneciente al estado de México, esta granja porcina se encuentra en las coordenadas 98° 48´ 27” O y a 19° 48´ 23” N, con una altitud de 2241 msnm, teniendo un clima templado subhúmedo con lluvias en verano, temperatura media anual de 15.2° C (García, 1998).

5.2. Experimento

El motivo por el cual se llevó a cabo este estudio fue para observar que fuentes de ácidos grasos mejoró el nivel de ácidos grasos presentes en la carne y las características fisicoquímicas de la misma en dietas para cerdos en la etapa de finalización.

5.3. Tratamientos experimentales

Los tratamientos (T) del presente experimento fueron: T1, 8 % de semilla de linaza molida; T2, 4 % de aceite de atún; T3, 4 % de aceite de canola.

5.4. Animales

Para el estudio se utilizaron 15 cerdos machos castrados híbridos (Landrace x Yorkshire x Pietrain), con un peso promedio inicial de 75 ± 3 kg durante cuatro semanas, distribuidos en un diseño completamente al azar. Los cerdos fueron divididos y alojados en corrales individuales, cada uno de estos contaba con su comedero tipo tolva y bebedero de chupón, además diariamente se realizó la limpieza de los corrales e inspección del estado de salud de los cerdos.

5.5. Dietas

Ahora bien, continuando, las dietas proporcionadas durante el estudio a los cerdos fueron formuladas con el comando Solver (Microsoft Excel, 2007), de acuerdo con los requerimientos sugeridos por el NRC 2012 para dicha etapa (Cuadro 3,).

Cuadro 3. Dietas para cerdos en finalización de 75-100 kg

Ingrediente (%)	T 1	T2	T3
Sorgo	81.02	72.84	71.05
Pasta de soya	6.93	17.54	9.94
Aceite de soya	0.00	0.00	2.00
Salvado de trigo	0.00	0.00	10.00
Linaza molida	8.00	0.00	0.00
Aceite de atún	0.00	4.00	0.00
Aceite de canola	0.00	0.00	4.00
Carbonato de calcio	0.68	0.63	1.01
Ortofosfato de calcio	0.52	0.65	0.21
Vitaminas y minerales[B y C]	0.55	0.35	0.35
Biolys[A]	0.82	0.67	0.70
DL-Metionina	0.31	0.06	0.09
Tripto-plus	0.25	0.00	0.22
L-Treonina	0.23	0.10	0.20
Arena	0.29	2.86	4.13
Sal	0.40	0.30	0.30
Total	100.00	100	100
Aporte de nutrientes (%)			
EM	3.30	3.30	3.30
PC	13.50	13.50	13.50
Arginina	0.60	0.81	0.64
Fenilalanina	0.61	0.69	0.55
Histidina	0.29	0.33	0.27
Isoleucina	0.43	0.57	0.44
Leucina	1.26	1.36	1.13
Lisina	0.93	0.93	0.93
Metionina	0.39	0.27	0.27
Metionina + cistina	0.53	0.45	0.42
Treonina	0.57	0.57	0.57
Triptofano	0.16	0.16	0.16
Valina	0.54	0.72	0.56
Ca	0.64	0.64	0.64
P	0.45	0.45	0.30

[A]Aportó 50% de lisina. [B]Proporcionó por kg de alimento: vitamina A, 15,000 UI; vitamina D3, 2,500 UI; vitamina E, 37.5 UI; vitamina K, 2.5 mg; tiamina, 2.25 mg; riboflavina, 6.25 mg; niacina, 50 mg; piridoxina, 2.5 mg; cianocobalamina, 0.0375 mg; biotina, 0.13 mg; cloruro de colina, 563 mg; ácido pantoténico, 20 mg; ácido fólico, 1.25 mg. [C]Aportó por kg de alimento: Fe, 150 mg; Zn, 150 mg; Mn, 150 mg; Cu, 10 mg; Se, 0.15 mg; I, 0.9 mg; Cr, 0.2 mg. T1= Semilla de linaza molina; T2= Aceite de atún; T3= Aceite de canola.

5.6. Variables a evaluar

5.6.1. Características físico-químicas

Al final de la etapa experimental se procedió a sacrificar tres animales por tratamiento cuando estos alcanzaron los 100 kg de peso vivo (PV), para obtener los resultados de las características físico-químicas de la carne; el pH, color, textura y capacidad de retención de agua (CRA) se evaluaron en muestras del musculo del lomo (*longissimus dorsi*).

5.6.1.1. Color

Otra variable a evaluar fue el color, ara determinar esto se midió 24 horas post-morten empleo un colorímetro portátil (Hunter Lab, Chroma meter CR-410, Konica Minolta Sensing, Inc. Japan), que se pondero con el color blanco en tres diferentes puntos sobre el área superficial del lomo del cerdo para evaluar la variable luminosidad (L*), rojo-verde (a*) y amarillo-azul (b*) (Guerrero *et al.*, 2002).

5.6.1.2. pH

Se cuantifico directamente en el musculo *longissimus dorsi* a las 24 horas post-morten. Para ello, con una navaja se pinchó el musculo y se introdujo el electrodo del potenciómetro (Modelo pH 1100) registrando el dato de la lectura estabilizada (Guerrero *et al.*, 2002)

5.6.1.3. CRA

Se determina según el método establecido por Guerrero et *al.*, (2002), a las 24 horas post morten, se pesaron 2 gramos de carne en un tubo y se picaron finamente, se homogenizó con 5 ml de una solución 0.6 m de cloruro de sodio y se agito en un vortex durante un minuto. Las muestras reposaron un lapso de 30 min en un refrigerados a 4° C y después se centrifugaron (centrifuga Beckman J-ML) por 15 minutos a 10,000 rpm. El sobrenadante fue decantado y evaluo en una probeta. El volumen retenido del agua destilada se comunica como la cantidad de agua retenida en 100 g de carne (Guerrero *et al.*, 2002).

5.6.1.4. Textura

Como ya se mencionó en líneas anteriores, es expresada como la fuerza máxima de corte, y esta se determinó usando una navaja de Warner-Bratzler y realizando un cortesa las 24h *post morten* en carne cruda; por ello se cortaron cubos de 1cm³ de carne de lomo, usadas como muestras, seguido de eso se examinaron utilizando un analizador de textura TA-XT2 (Textura Technologies Corp., Scarsdale, NY. Los cubos de carne se colocaron con las fibras del musculo transversalmente al filo de la navaja como describe Guerrero *et al.*, (2002).

5.6.1.5. Perfil de ácidos grasos

Ahora bien, para determinar la composición de ácidos grasos se utilizó un cromatógrafo de gases HP® (modelo 6890), además, se utilizó helio como gas portador a un caudal de 0,8 ml/min; inyectar una muestra de 1 µL en modo de Separación 1: 10 manualmente; con una temperatura inicial de 140 °C durante 1 °C min-1, aumentó 3 °C min-1 a 210 °C y disminuyó 0,7 °C min-1 y una temperatura final de 235 °C. El tiempo total de análisis para cada muestra es de 60 minutos.

5.7. Análisis estadístico

Se utilizará un diseño completamente al azar, y las variables obtenidas se evaluaron con el paquete estadístico SAS, versión 9.0 y las medias se compararon con la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$).

VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

6.1. Características fisicoquímicas

Por ultimo con los resultados obtenidos (Cuadro 4) se observa que se encontraron diferencias significativas (P<0.05) en las variables fisicoquímicas de pH y color en las literales L* y a* así como de textura; Sin embargo, no se encontraron diferencias significativas (P>0.05) en color en la literal b* así como en CRA, encontrándose la mejor respuesta para pH en el T3 (aceite de canola), L* en el T1 (semilla de linaza) y en la variable a* así como de textura la mejor respuesta fue en el T2 (aceite de atún). Castrillón *et al.*, (2007) mencionan que valores de pH de 5.5 indica carnes pálidas, suaves y exudativas, mientras que valores de pH de 6 indican carne duras, firmes y obscuras, es decir que para considerar carnes normales el rango es de 5.6 a 5.9. En el presente estudio el pH que se acercó más al rango fue el T3 con (aceite de canola) con un pH de 5.5.

Por otro lado, Haak *et al.*, (2008) en un estudio realizado mencionan que al probar niveles de linaza de 0 y 3 % en dietas para cerdos en finalización no encontraron diferencias significativas, en pH y CRA resultados diferentes al presente estudio sobre todo en la variable de pH, esto probamente de deba a que los niveles utilizados en el presente trabajo fueron superiores y con diferentes de ácidos grasos.

Cuadro 4. Características fisicoquímicas en cerdos en finalización de 75 a 100 kg de peso

Tratamiento	pH	L*	a*	b*	CRA	Textura (gr)
1	5.4 b	56.69 a	14.80 b	6.48 a	0.88 a	3269.1 c
2	6.0 a	44.82 b	18.74 a	7.39 a	1.00 a	1111.3 a
3	5.5 b	56.24 a	17.62 a	5.80 a	0.91 a	1446.8 b
EMM	0.30	3.94	1.08	1.81	0.43	1317.4
P	0.025	0.0006	0.0003	0.40	0.90	0.050

ab Medias con distinta letra difieren significativamente (P≤0.05). En todas las variables se agregó el error estándar de la media (EEM). L*= Luminosidad; a*= Índice rojo; b*= Índice amarillo; CRA = Capacidad de retención de agua. Tratamiento 1=semilla de linaza, 2=aceite de atún, 3= aceite de canola.

6.2. Perfil de ácidos grasos en carne de lomo

Por otra parte, los resultados obtenidos sobre el perfil de ácidos grasos en lomo, se observan en el (Cuadro 7) encontrándose diferencias significativas (P<0.05) en la concentración de ácidos grasos saturados en el ácido aráquidico encontrándose mayor concentración de este ácido en el T2 (aceite de atún) y menor concentración en el T3 (aceite

de canola), sin embargo, en los ácidos grasos monoinsaturados se encontraron diferencias significativas en el ácido Cis-10-heptadecanoico y el ácido eládico encontrándose la mayor concentración en el T2 y T1 respectivamente, además en la concentración de ácidos grasos poliinsaturados hubo diferencias significativas ($P<0.05$) en el ácido araquidónico, ácido linoleico, linolenico, Cis 11,14 eicosadienoico y Cis 11,14,17 eicosatrienoico, encontrándose mayor concentración en el T1 (semilla de linaza) y T3 (aceite de canola) para el ácido araquidónico y el ácido Cis 11,14,17 eicosatrienoico y el T3 para linoléico, linolénico y Cis 11,14 eicosadienoico.

Myer *et al.* (2014) encontraron que, al adicionar de 0, 5, 1.0 y 1.5 % de aceite de canola los ácidos grasos oleico y linoleico se incrementan. Mientras tanto Bertol *et al.* (2013), indica que al probar varias fuentes de aceites canola, soya, aceite de linaza con niveles de 1.5 y 3 % los ácidos grasos saturados no se ven afectados mientras que los ácidos grasos poliinsaturados como el oleico y linolénico incrementan más con aceite de canola. Por su parte Wojtasik *et al.* (2012), al evaluar niveles de aceite pescado de 0, 1 y 2.5%, encontraron mayor porcentaje de ácidos grasos de cadena larga Ω-6 y Ω-3 con 2.5% de aceite de pescado, estos resultados son similares a la presente investigación ya que al adicionar 4 % de aceite de atún y de canola los ácidos grasos poliinsatuardos se incrementaron (Cuadro 5), a pesar que los niveles fueron superiores a los de las investigaciones antes mencionadas.

Cuadro 5. Ácidos grasos presente en carne de lomo en cerdos de 75 a 100 kg de peso

Ácidos grasos	T1	T2	T3	EMM	P
Ác. Laúrico	0.2396	0.1348	0.00	0.19	0.18
Ác. Mirístico	1.44	1.64	1.50	0.12	0.06
Ác. Palmítico	23.46	25.11	24.55	0.78	0.18
Ác. Esteárico	10.49	11.48	11.83	0.94	0.10
Ác. Araquídico	0.241	0.248	0.760	0.15	0.0002
∑ÁGS	35.63	38.36	37.88	--	--
Ác. Palmitoléico	3.46	3.66	3.48	0.44	0.73
Ác. Cis-10-heptadecanoico	0.28	0.37	0.00	0.05	0.0001
Ác. Eládico	0.22	0.19	0.00	0.06	0.0001
Ác. Oléico	46.65	44.68	45.23	1.34	0.09
Ác. Cis-11-eicosaenoico	0.73	0.77	0.63	0.11	0.17
∑ÁGM	51.34	49.67	49.34	--	--
Ác. Araquidónico	0.55	0.00	0.00	0.08	0.0001
Ác. Linoléico	8.52 b	8.72 b	10.39 a	0.97	0.019
Ác. Linolénico	2.21 a	0.71 c	1.15 b	0.24	0.0001
Ác. Cis 11,14 eicosadienoico	0.40	0.00	0.43	0.10	0.0001
Ác. Cis 11,14,17 eicosatrienoico	0.36	0.00	0.00	0.017	0.0001
∑ÁGP	12.04	9.43	11.97	--	--

ab Medias con distinta letra difieren significativamente ($P \leq 0.05$). En todas las variables se agregó el error estándar de la media (EEM). T1 (8%) de semilla de linaza, T2 (4%) aceite de atún, T3 (4%) aceite de canola. AGS= ácidos grasos saturados, AGM= ácidos grasos monoinsaturados, AGP= ácido, s grasos poliinsaturados

VII. CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos en el presente estudio se concluye lo siguiente:

Respecto a las variables fisicoquímicas en el T3 hay una mejor respuesta para pH, sin embargo, para las variables de L*, a* y textura fueron el T3 y T2 respectivamente.

Que al agregar a la dieta semilla de linaza, aceite de canola se incrementa los ácidos grasos poliinsaturados en carne de lomo principalmente, Cis-10-heptadecanoico, Eládico, Cis-11-eicosaenoico, Araquidónico, Linoléico, Linolénico, Cis 11,14 eicosadienoico, Cis 11,14,17 eicosatrienoico teniendo una mayor concentración de estos ácidos en el T1 (semilla de linaza) y T3 (semilla de canola).

VIII. LITERATURA CITADA

Aires D., Capdevila N., Segundo M. 2005. Ácidos grasos esenciales: su influencia en las diferentes etapas de la vida. ELSEVIER. Divulgación sanitaria 24(4): 96-102.

Alarcón R. A., Gamboa A. J., Januaca V. H. 2008. Factores que afectan la calidad de la carne del cerdo. NACAMEH 2 (1):63-77.

Alarcón R. A., Gamboa A. J., Rodríguez A. F., Grado A. J., Janacua V. H., 2006. Efecto de variables críticas del sacrificio sobre las propiedades fisicoquímicas de la carne de cerdo. Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias 44(1):53-66.

Alejandra O. J., Díaz-Tenorio L., Munguía X. J., Molina-Barrios R., Hernández C. J., 2017. Indicadores de calidad en carne de diferentes centros comerciales de ciudad Obregón, Sonora. NACAMEH 11(2):50-57.

Alonso V., L.M. Najes, L. Provincial, E. Guillén, M. Gil, P. Roncalés and J.A. Beltrán. 2012. Influence of dietary fat on pork eating quality. Meat Sci. 92: 366-373.

Álvarez J., Romero D. 2018. Evaluación en línea de la capacidad de retención de agua. Slice watch. En línea: https://www.3tres3.com/latam/articulos/slicewatch-evaluacion-en-linea-de-la-capacidad-de-retencion-de-agua_12177/. Consultado: 10/10/2023

Araque H. 2009. Sistemas de producción de cerdos, Instituto y departamento de producción animal. Catedra: Fundamentos de Producción animal. Universidad Central de Venezuela.

Bertol T.M., R.M.L. De Campos, J.V. Ludke, N.N. Terra, E.A.P. De Figueiredo, A. Coldebella, J.I. Dos Santos F., V.l. Kawski and N.M. Lehr. 2013. Effects of genotype and dietary oil supplementation on performance, carcass traits, pork quality and fatty acid composition of backfat and intramuscular fat. Meat Sci. 93: 507-516.

Cabezas-Zábala, C., Hernández-Torres, B., & Vargas-Zárate, M. 2016. Aceites y grasas: efectos en la salud y regulación mundial. Revista de la Facultad de Medicina 64(4): 761-768.

Campabadal C. 2009. Alimentación de cerdos. Guía técnica. Fundación para el fomento y promoción de la investigación y transferencia de tecnología agropecuaria de Costa Rica. En línea: https://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/L02-7847. Consultado: 27/10/2023

Campion D. S. 2013. Calidad de la carne porcina según el sistema de producción [en línea]. Trabajo Final de Ingeniería en Producción Agropecuaria. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Católica Argentina. En línea: https://repositorio.uca.edu.ar/handle/123456789/455. Consultado: 27/10/2023

Carvajal C. C., 2019. Lípidos, lipoproteínas y aterogenesis. Editorial Nacional de Salud y Seguiridad Social. 8-11 pp. En línea: http://hdl.handle.net/20.500.11764/721. Consultado: 28/10/2023

Castrillón E. W., Zoot M. S., Fernandez A. J., Restrepo L. F. 2007. Variables asociadas con la presentación de carne PSE (Pálidad, Suave, Exudativa) en canales de cerdo. Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias 20: 327-338

Castro M. E. 2018. Alimentos funcionales con omegas beneficios para la salud cardiovascular, articular, cerebral y ocular. Tesis de maestría. Universidad Nacional de Educación. En línea: https://repositorio.une.edu.pe/bitstream/handle/UNE/2888/ETHEL%20CASTRO%20MEGO.pdf?sequence=5&isAllowed=y. Consultado: 28/10/2023

Castro-González, M. I. 2002. Ácidos grasos omega 3: beneficios y fuentes. Interciencia 27 (3): 128-136.

Chevez E. D., Alfaro A. K., Salas U. F., Robledo G. A., Lubker C. E., Alfaro V. M. 2020. Factores de riesgo cardiovascular. Ciencias y Salud: Integrando Conocimientos 4 (1): 6-9.

Clavijo L. G. 2021. Características físico químicas de la carne de cerdo, alimentados con dietas alternativas locales. Tesis de licenciatura. Facultad de Ciencias Naturales y de la Agricultura de la Universidad Estatal del Sur de Manabí. Jipilapa. pp:8-10.

Consejo Mexicano de la Carne (COMECARNE), 2019. Compendio Estadístico. En línea: https://comecarne.org/wpcontent/uploads/2020/07/Compendio_Estad%C3%ADstico_2019-Comecarne.pdf. Consultado: 28/10/2023.

Cortés T., Guillermo F., Mora F., J. Saturnino., García M., Roberto-Ramírez V., Gustavo. 2012. Estudio del consumo de la carne de cerdo en la zona metropolitana del Valle de México. Estudios sociales 20(40): 315-351.

Dupont J. 1999. Fats and Oils. En Sadler M (Ed.) Encyclopedia of Human Nutrition. Academic Press. USA. pp: 719-729.

Eastwood, P.R.K., A.D. Beaulieu and P. Leterme. 2009. Nutritional value of flaxseed meal for swine and its effects on the fatty acid profile of the carcass. J. Anim. Sci. 87: 3607-3619.

Echenique A. 2007. Efecto de la alimentación sobre la calidad de la carne y la grasa de cerdo. Nutrición y Producción en Animales Monogástricos. En: IX Encuentro de Nutrición y Producción en Animales Monogástricos. pp: 55-63.

FEDNA. 2016. Tablas FEDNA (Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal). Aceites y oleínas de origen vegetal. En línea: http://www.fundacionfedna.org/ingredientes_para_piensos/aceites-y-ole%C3%ADnas-de-origen-vegetal. Consultado: 23/10/23

Franco C. E. 2018. Piel de cerdo liofilizada en el tratamiento quirúrgico de emergencia del paciente quemado. Tesis de Posgrado. Universidad de San Martin de Porres. Lima, Perú. pp:10-20.

García E. 1988. Modificaciones al sistema de clasificación de Köppen (para adaptarlas a las condiciones de la República Mexicana). 4ª Ed. México D. F. 217 p.

García-Contreras G., De Lorea Y., Guevara G. J., García A. C. 2012. Alimentación practica del cerdo. Revista Complutense de Ciencias Veterinarias. 6(1):21-50.

German A. C., Camacho R. J., Gallegos S. 2005. Producción de cerdos. Manual del participante. Secretaria de la Reforma Agraria. Colegio de Postgraduados.

González T. I., 2021. Estudio del efecto de la inclusión de subproductos de la industria agroalimentaria gallega en la alimentación porcina sobre la productividad, la calidad de carne y la viabilidad económica y medioambiental. Tesis de Doctorado. Universidad de Vigo. España. 112-189 p.

Guerrero L.I., A.E Ponce y M.L. Pérez. 2002. Curso práctico de tecnología de carnes y pescado. Universidad Autónoma Metropolitana. Unidad Iztapalapa. D.F., México.

Haak L., S. De Smet D. Fremaut K. Van Walleghem and K. Raes. 2008. Fatty acid profile and oxidative stability of pork as influenced by duration and time of dietary linseed or fish oil supplementation. J. Anim. Sci. 86: 1418-1425.

Horcada A., Polvillo O. 2010. La producción de carne en Andalucía: conceptos básicos sobre la carne. Sevilla: Consejería de Agricultura y Pesca, Servicio de Publicaciones y Divulgación 5. pp:113-136.

Iglesias R., Ortiz M., Juárez M., Guevara G., Córdova I. A. 2017. Comportamiento de la porcicultura mexicana de los años 1970 a 2017. Sociedades rurales, producción y medio ambiente 17(34):154-169.

Jaturasitha S., Khiaosa-ard R., Pongpiachan P., Kreuzer M. 2009. Early deposition of n-3 fatty acids from tuna oil in lean and adipose tissue of fattening pigs is mainly permanent. J Anim Sci.:87(2):693-703.

Khiosa R., P. Chungsiriwat, N. Chommanart, M. Kreuzer and S. Jaturasitha 2011. Enrichment with n-3 fatty acid by tuna oil feeding of pigs: changes in composition and properties of bacon and different sausages as affected by the supplementation period. Can J. Anim. Sci. 91: 87-95.

Kloareg M., Noblet, J. y Van Milgen, J. 2007. Deposición de ácidos grasos de la dieta, síntesis de novo y partición anatómica de ácidos grasos en cerdos de finalización. Revista británica de nutrición 97 (1): 35-44.

Lisiak D., E. Grzeskowiak, K. Borzuta, S. Raj, P. Janiszewski and G. Skiba. 2013. Effects of supplementary vegetable and animal fats on the slaughter values of fatteners, meat quality, and fatty acid profile in pigs. Czech J. Anim. Sci. 58: 497-511.

Martínez Aispuro, J. A., González Alcorta, M. J., Miranda Romero, L. A., Carrillo Domínguez, S. y Castillo Domínguez, R. M. 2016. Sustitución de aceite de soya por aceite de atún en la dieta de pollos como alternativa para enriquecer la carne con ácidos grasos omega-3. Interciencia 41(12): 851-856.

Mas G., M. Llavall, D. Coll, R. Roca, I. Díaz, M.A. Oliver, M.E. Gispert and C.E. Realini. 2011. Effect of an elevated monounsaturated fat diet on pork carcass and meat quality traits and tissue fatty acid composition from York-crossed barrows and gilts. Meat Sci. 89: 419-425.

Meers S.A., C.R. Dove and M.J. Azain. 2006. The effect of dietary omega-3 fatty acid composition of adipose tissue in grower/finisher pigs. En linea: htt:/www.ads.uga.edu/documents.pdf. Consultado: 28/10/2023

Mouteria M. C., Marotta E. G., Lagreca de Morotta L., A. 2009. Percepción del consumidor de carne de cerdo en la ciudad de la Plata. Veterinaria Cuyana 4 (1)(2):51-57.

Murcia V. N., Savio M., Cora J. F., Benitez H. A., 2021. Principios básicos de nutrición porcina. Boletín de divulgación técnica 121: 3-14. En línea: https://repositorio.inta.gob.ar/bitstream/handle/20.500.12123/10136/INTA_CRLaPampaSanLuis_EEAAnguil_Murci_VN_Principios_b%c3%a1sicos_de_nutrici%c3%b3n_porcina.pdf?sequence=1&isAllowed=y. Consultado: 28/10/2023

Myer, R.O., J. Lamkey, W. Walker, J. Brendemuhl and G. Coms. 2014. Performance and carcass characteristics of swine when fed diets containing canola oil and added copper to alter the unsaturated:saturated ratio of pork fat. J. Anim. Sci. 70: 1417-1423.

Nasiff H. A. 2009. Ácidos grasos trans, Omega 3 y Omega 6. Hospital Clinicoquirúrgico, San Lázaro 701, Centro Habana, CViudad de la Habana. En linea:

https://www.medigraphic.com/pdfs/actamedica/acm-2009/acm091i.pdf. Recuperado: 28/10/2023

National Research Council (NRC). 2012. Nutrient requirements tables and feed ingredient composition. Nutrient Requirements of swine 11th. National Academy Press, Washington, DC. pp: 208-239.

Nuernberg K., K. Fisher G. Nuernberg, U. Kuechenmeister, D. Klosowska, G. Elmanowska - Wenda, I. Fiedler and K. Ender. 2005. Effect of dietary olive and linseed oil on lipid composition, meat quality, sensory characteristics and muscle structure in pigs. Meat Sci. 70: 63-74.

Oyague M. 2007. Estabilidad del color de la carne fresca. Departamento de Higiene y Tecnología de los Alimentos Universidad de León. NACAMEH 1 (1): 67-74.

Peinado, B., Almela L., Duchi N., Poto A. 2009. Parámetros de la calidad en la canal y en la carne de cerdo Chato Murciano. EUROCARNE 173:64-80.

Pochon D.O., Judis M. A., Koslowski H. A., Picot J. A. y Navamuel J. M. 2012. Efectos de la suplementación con aceite de pescado sobre la concentración de ácidos grasos en la carne de cerdo. Revista Veterinaria 23 (2): 120-125.

Ripoll G., Gregorio P., Latorre M., Panea B. 2023. Tipos de consumidores de carne de cerdo y su influencia en la discriminación entre colores de carne. EUROCARNE: La revista internacional del sector cárnico 313:8-96.

Rojo G.A., V.G. Pérez M., A. Beyardo U., H.J. Correa C. y J.A. Cuarón I. 2001. Pasta de canola como suplemento proteico en dietas para la finalización de cerdos. Técnica Pecuaria México 39(3):179-192.

Ronayne F., P. 2000. Importancia de los ácidos grasos poliinsaturados en la alimentación del lactante. Arch Argent Pediatr. 98(4):231-236.

Ruiz C. J., Martín, D.,Ventanas, S. 2004. La calidad de la carne de cerdo en porcino. ResearchGate. En línea: http://200.7.141.37/Sitio/Archivos/Cap2PORNOV04.pdf. Consultado: 28/10/2023

Sánchez P., Verdú S., Talens P., Grau R. 2019. Análisis de los patrones laser para l/a caracterización de la textura de carne de cerdo. Efecto del pretratamiento con enzima y posterior cocción. Tesis de licenciatura Gestión de la seguridad y calidad alimentaria Universidad Politécnica de Valencia, España.

Sanhueza C. J., Durán S., Torres G. J., 2015. Los ácidos grasos dietarios y su relación con la salud Nutrición hospitalaria. Laboratorio de Lípidos y Antioxidantes, Instituto de Nutrición y Tecnología de los Alimentos. Facultad de Ciencias de la Salud, Universidad Autónoma de Chile, Chile. pp. 1362-1370

Seneviratne R.W., M.G. Young, E. Beltranena, L.A. Goonewardene, R.W. Newkirk and R.T. Zijlstra. 2010. The nutritional value of expeller-pressed canola meal for grower-finisher pigs. J. Anim. Sci. 88: 2073-2083.

SIAP Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. 2022. Con información de delegaciones de SAGARPA. Producción ganadera. En línea: https://www.gob.mx/siap/acciones-y-programas/produccion-pecuaria. Consultado: 28/10/2023

Trujillo N., Y. Y., Ayala M., M. M., Duran O., D. S. 2015. Influencia de la edad y el tiempo de madurez en la capacidad de retención de agua (CRA) en la carne de ovino criollo. Ciencia Y Tecnología Alimentaria 13(1). En línea: https://doi.org/10.24054/limentech.v13i1.1604. Consultado: 28/10/2023

Urquiaga I., Echeverría G., Dussaillant C., Rigotti A. 2007. Origen, componentes y posibles mecanismos de acción de la dieta mediterránea. Revista médica de Chile, 145(1): 85-95. En línea: https://dx.doi.org/10.4067/S0034-98872017000100012. Consultado: 28/10/2023

Valenzuela B. A., Sanhueza C, J., Nieto K, S. 2002. El uso de lípidos estructurados en la nutrición: una tecnología que abre nuevas perspectivas en el desarrollo de productos innovadores. Revista Chilena de Nutrición, 29 (2):106-115.

Wojtasik M., S. Raj, G. Skiba, D. Weremko and M. Czaudera. 2012. The effects of diets enriched in omega-3 fatty acids on carcass characteristics and the fatty acid profile of intramuscular and subcutaneous fat in pigs. J. Anim. Feed Sci. 21: 635-647.