



UNIVERSIDAD
DE LA REPÚBLICA
URUGUAY

Implicancia del selenio, orgánico e inorgánico, en la composición de los ácidos grasos y en la resistencia a la oxidación del músculo *longissimus dorsi* del cerdo Pampa Rocha

Ing. Agr. Nandy Espino

Maestría en Ciencias Agrarias

Marzo 2022

Tesis aprobada por el tribunal integrado por la Dra. Silvia Llambí, la Dra. María Salhi y la Dra. Jordana Rivero el día 7 de abril de 2022. Autor: Ing. Agr. Nandy Espino. Director Dr. Ali Saadoun, codirectora Dra. Cristina Cabrera.

TABLA DE CONTENIDO

	Página
PÁGINA DE APROBACIÓN.....	II
RESUMEN.....	V
ABSTRACT.....	VI
1. <u>INTRODUCCIÓN</u>	1
1.1. ANTECEDENTES.....	2
1.1.1. <u>Alimentos cárnicos funcionales</u>	2
1.1.2. <u>Ácidos grasos en la carne y su importancia para la salud humana</u>	3
1.1.3. <u>Selenio y su rol en el metabolismo de los lípidos</u>	6
1.1.4. <u>Oxidación lipídica</u>	7
1.2. HIPÓTESIS Y OBJETIVOS.....	8
1.2.1. <u>Hipótesis</u>	8
1.2.2. <u>Objetivos</u>	9
2. <u>MATERIALES Y MÉTODOS</u>	10
2.1. ANIMALES Y MUESTRAS DE CARNE.....	10
2.2. ANÁLISIS DE LAS MUESTRAS.....	14
2.2.1. <u>Contenido de selenio en LD fresco y conservado</u>	14
2.2.2. <u>Extracción de lípidos</u>	14
2.2.3. <u>Índice de actividad de las enzimas Δ-9 desaturasa, elongasa y tioesterasa en AG totales y en AG de la fracción polar</u>	16
2.2.4. <u>Cálculo de los índices lipídicos y de salud</u>	17
2.2.5. <u>Oxidación lipídica a través del método de TBARS</u>	18
2.3. ANÁLISIS EN PASTURAS Y CONCENTRADO.....	19
2.3.1. <u>Análisis proximal en pasturas y concentrado</u>	19

2.3.2. <u>Contenido de lípidos y composición de AG en pasturas y concentrado</u>	19
2.3.3. <u>Contenido de selenio en pasturas y concentrado</u>	20
2.4. ANÁLISIS ESTADÍSTICOS.....	20
3. <u>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</u>	21
3.1. CONTENIDO DE SELENIO.....	21
3.2. ÁCIDOS GRASOS TOTALES E ÍNDICES DE ACTIVIDAD ENZIMÁTICA.....	24
3.3. ÁCIDOS GRASOS DE LA FRACCIÓN POLAR E ÍNDICES DE ACTIVIDAD ENZIMÁTICA.....	31
3.4. ÍNDICES LIPÍDICOS Y DE SALUD.....	35
3.5. OXIDACIÓN LIPÍDICA.....	37
4. <u>CONSIDERACIONES FINALES</u>	41
5. <u>BIBLIOGRAFÍA</u>	42
6. <u>ANEXOS</u>	52
6.1. IMPLICATION OF SELENIUM, ORGANIC AND INORGANIC, ON FATTY ACIDS COMPOSITION AND OXIDATION RESISTANCE IN THE MUSCLE <i>LONGISSIMUS THORACIS</i> OF THE PAMPA ROCHA PIG.....	52

RESUMEN

El cerdo Pampa Rocha (PR) es un recurso criollo, adaptado al biotopo de nuestro país. En la búsqueda de la obtención de un producto diferencial por su sistema de origen y a la vez funcional por sus aportes nutricionales, se estudió el efecto de la suplementación con selenio (Se) en dietas de cerdos PR criados al aire libre y alimentados con base en granos y pasturas durante los 90 a 180 días, sobre la composición de ácidos grasos (AG) y la resistencia a la oxidación. La suplementación se realizó con Se orgánico e inorgánico (3 ppm). Se estudió el efecto en el músculo *longissimus dorsi* (LD) fresco y conservado. La carne de cerdo PR fue enriquecida con Se inorgánico (SI). En la fracción de AG totales, el SI favoreció el contenido de C14:0 y C16:0 (AG aterogénicos) en el músculo conservado y aumentó la proporción de C16:1 en el músculo fresco y conservado. El proceso (fresco-conservado) afectó al contenido de algunos AG: el contenido de C14:0, C16:0 y C18:2n-6 aumentó y el de C18:2n-6 disminuyó en el músculo conservado. Se encontró una mayor proporción de C14:0, C18:1 y C22:4n-6 en la fracción polar en el músculo conservado y una mayor proporción de C18:2n-6 en el fresco. El índice aterogénico en las muestras conservadas de los animales suplementados con SI fue mayor con respecto al resto de las dietas y la relación n6/n3 fue mayor en el LD conservado. La oxidación lipídica fue mayor en las muestras conservadas ($p < 0,0001$) para todas las dietas, aun así estos valores fueron muy bajos. Las pasturas aportan cierta cantidad de Se, lo que podría estar enmascarando el efecto observado en otros estudios de este mineral sobre la composición de AG de la carne, así como el efecto antioxidante, para poder afirmarlo se necesita continuar con la investigación. La suplementación con Se inorgánico en estos animales bajo estas condiciones alimenticias enriquece la carne de cerdo PR con Se y

aumenta el contenido de AG C16:1 (AG vinculado con la prevención de la obesidad), por lo que esta intervención alimenticia podría ser el camino para la obtención de un producto diferenciado y funcional que atienda posibles mercados emergentes.

Palabras clave: selenio, ácidos grasos, oxidación lipídica, Pampa Rocha

Implication of selenium, organic and inorganic, on fatty acids composition and oxidation resistance in the muscle *longissimus thoracis* of the pampa rocha pig

ABSTRACT

The Pampa Rocha (PR) pig is a native resource, adapted to the biotope of our country. In the search of obtaining a differential product for its origin system and at the same time functional for its nutritional contributions, the effect of supplementation with selenium (Se) in diets of PR pigs raised outdoors and fed based on grains and pastures during 90 to 180 days, on the composition of fatty acids (FA) and resistance to oxidation was studied. Supplementation was carried out with organic and inorganic Se (3 ppm). The effect on fresh and preserved longissimus dorsi (LD) muscle was studied. PR pork was enriched with inorganic Se (SI). In the total FA fraction, SI favored the content of C14:0 and C16:0 (atherogenic FA) in preserved muscle and increased the proportion of C16:1 in fresh and preserved muscle. The process (fresh-preserved) affected the content of some FA: the content of C14:0, C16:0 and C18:2n-6 increased

and that of C18:2n-6 decreased in the preserved muscle. A higher proportion of C14:0, C18:1 and C22:4n-6 was found in the polar fraction in preserved muscle and a higher proportion of C18:2n-6 in fresh muscle. The atherogenic index in preserved samples from SI-supplemented animals was higher with respect to the rest of the diets and the n6/n3 ratio was higher in preserved LD. Lipid oxidation was higher in the preserved samples ($p < 0.0001$) for all diets, even so these values were very low. Pastures provide a certain amount of Se, which could be masking the effect observed in other studies of this mineral on the composition of meat GA, as well as the antioxidant effect, but further research is needed to confirm this. Supplementation with inorganic Se in these animals under these dietary conditions enriches PR pork with Se and increases the content of C16:1 FA (FA linked to the prevention of obesity), so this dietary intervention could be the way to obtain a differentiated and functional product that caters to possible emerging markets.

Keywords: selenium, fatty acids, lipid oxidation, Pampa Rocha

1. INTRODUCCIÓN

El consumo de carne a nivel mundial se estimó para el 2019-2020 en 333 millones de toneladas, siendo la carne porcina la que presenta mayores valores de consumo luego de la carne aviar (FAO, 2020). China, a pesar del brote de peste porcina africana (PPA) en 2019, se sigue posicionando como el principal país consumidor de carne de cerdo a nivel mundial, aumentando en 60 % las importaciones de carne de cerdo para ese año; además, se ha visto un aumento elevado en el consumo de este tipo de carne en América Latina (OCDE/FAO, 2020). Uruguay no escapa a esta tendencia, estimándose para el 2020 un consumo per cápita de 16,6 kg, lo que implica un aumento en el orden del 84 % en los últimos 10 años (INAC, 2020, INAC, 2015).

La carne constituye una parte importante en la dieta humana, siendo una de las principales fuentes de proteínas caracterizadas como de alto valor biológico por su contenido en aminoácidos esenciales (Scollan et al., 2017). La carne de cerdo tiene, entre sus cualidades principales para la alimentación humana, la presencia de ácidos grasos (AG) de interés para la salud, destacándose el ácido linoleico (LA) y el ácido linolénico (ALA), ambos esenciales para el humano (Mernies et al., 2012). A su vez, estos autores han puesto en evidencia los menores niveles de AG mirístico (AG aterogénico) y de AG araquidónico (asociado con respuestas inflamatorias exacerbadas) en la carne de cerdos Pampa Rocha (PR), frente a la carne de cerdos cruza con razas híbridas comerciales.

El cerdo PR es un cerdo rústico adaptado al biotopo del Uruguay, un recurso genético promisorio que podría ofrecer a los consumidores una carne diferenciada por su sistema de producción, que atiende el bienestar animal y el impacto ambiental con una cría al aire libre sobre pasturas (Rivero et al., 2019, Carballo et al., 2017).

En el marco de una alimentación funcional, se buscará conocer las características nutritivas, funcionales y saludables de la carne de cerdos PR y, eventualmente, mejorarlas, principalmente a través de la modificación del perfil de AG usando como una vía novedosa la inclusión de selenio (orgánico e inorgánico) en la alimentación de los animales (Yu et al., 2008), constituyendo, en consecuencia, una excelente oportunidad de diferenciación, diversificación y posicionamiento en un mercado cárnico emergente.

1.1. ANTECEDENTES

1.1.1. Alimentos cárnicos funcionales

Se están produciendo importantes cambios en los hábitos de consumo impulsados por la continua aparición de evidencias científicas que atestiguan como ciertas enfermedades crónicas no transmisibles (aterosclerosis, diabetes tipo 2, obesidad, y ciertos cánceres) están influenciadas por la alimentación. En tal sentido, existe un continuo avance en el desarrollo de alimentos, destacándose los alimentos funcionales (Olmedilla y Jiménez, 2014).

Si bien no existe una definición universal establecida para esta categoría de alimentos para consumo humano, a nivel europeo la más ampliamente aceptada por nutricionistas es la establecida en un documento de consenso del proyecto FUFOSSE (Howlett, 2008), donde se especifica que un alimento puede ser considerado funcional si, más allá de su valor nutricional intrínseco, ha demostrado satisfactoriamente tener un efecto beneficioso sobre una o más funciones selectivas del organismo, de tal modo que resulta apropiado para mejorar el estado de salud y bienestar y/o para la reducción de riesgo de una enfermedad (Zhang et al., 2010, Diplock et al., 1999).

A nivel de prácticas de producción animal existe la oportunidad de condicionar la composición de los tejidos animales. En el caso del cerdo, un animal no rumiante, la manipulación de la dieta es muy efectiva para aumentar los niveles de compuestos bioactivos beneficiosos para la salud y, consecuentemente, reducir el riesgo de enfermedades cardiovasculares y otras enfermedades crónicas (Bones et al., 2014, Olmedilla et al., 2013).

1.1.2. Ácidos grasos en la carne y su importancia para la salud humana

Los AG son moléculas de gran importancia desde el punto de vista metabólico (Saadoun, 2014); asimismo, son responsables de muchas características deseables de las carnes, influyendo en el sabor y el aroma y contribuyendo a la ternura y la jugosidad (Amaral et al., 2018).

Según su nivel de insaturación, los AG se agrupan en ácidos grasos saturados (AGS), ácidos grasos monoinsaturados (AGMI) y ácidos grasos poliinsaturados (AGPI); esta agrupación de lípidos permite la clasificación de los alimentos con respecto a sus efectos potenciales sobre la salud humana (Decker y Park, 2010).

Diversos autores plantean en términos generales que los AGS aumentan los niveles de colesterol de las lipoproteínas de baja densidad (LDL) en la sangre, lo que predispone a efectos fisiológicos negativos y aumenta el riesgo cardiovascular, mientras que los AGPI disminuyen los niveles de colesterol de las LDL (Toldrá y Reig, 2011). Como resultado, durante muchos años, en un intento de reducir el colesterol en sangre y, consecuentemente, las enfermedades cardiovasculares, se ha recomendado el consumo de carnes con bajo contenido de AGS, promoviendo el consumo de aquellas con una relación AGPI/AGS de 0,4 o más (FAO-WHO, 2010).

Sin embargo, Saadoun y Cabrera (2016) ponen de manifiesto la importancia del perfil de AG más que la proporción total de estos grupos de lípidos; enfatizan que la totalidad de AGS de una carne no provee información suficiente en relación a su incidencia sobre la salud humana, dado que su efecto sobre esta depende de la identidad de los AG que lo componen. Un ejemplo de ello es el AG esteárico (C18:0), el cual es un AGS, pero parece tener un efecto neutro sobre la salud, ya que su ingestión no se asocia con enfermedades aterogénicas.

En cuanto a los AGPI, el ALA (C18:3n-3) perteneciente a la familia n-3 y LA (C18:2n-6), a la familia n-6, son considerados esenciales y solo pueden ser obtenidos a través de la alimentación (Saadoun 2014, Belsey 2008). La ausencia de estos AG en la dieta puede provocar trastornos metabólicos, ya que estos, a través de reacciones de desaturación y elongación, producen AGPI de cadena larga, los cuales son de vital importancia para el metabolismo. Por ejemplo, el ácido eicosapentaenoico (EPA) y el ácido docosahexaenoico (DHA) están involucrados en el desarrollo del cerebro (González y Visentin, 2016) y participan activamente mejorando el aprendizaje y la memoria (Dyall, 2017), volviéndose esenciales para un óptimo crecimiento y desarrollo temprano en la vida (Labrousse et al., 2018).

Ambos AG (ALA y LA) son precursores de moléculas de señalización con efectos, a veces opuestos, en el cuerpo humano, lo que los lleva a estar asociados con el desarrollo y prevención de ciertas enfermedades (Schmitz y Ecker, 2008). En este sentido, la alta ingesta de n-3 ha sido vinculada con la prevención de enfermedades cardiovasculares, cáncer e incluso enfermedades mentales como la depresión (Simopoulos, 2008).

En la carne, un indicador importante en términos de salud es la relación n-6/n-3, indicándose una proporción óptima de 4:1 (FAO-WHO, 2010). Los

resultados de un metaanálisis demostraron que en pacientes con enfermedades cardiovasculares establecidas, una dieta con una baja relación $n6/n3$ reduce el riesgo de un evento recurrente en un 29 %, demostrando la importancia de esta relación (Belsey, 2008).

El contenido e identidad de los AG en la carne de cerdo está, como se ha dicho anteriormente, fuertemente influenciado por la alimentación del animal y por la raza; la carne de cerdos alimentados a base de concentrados con complemento de pasturas contiene mayores contenidos de AGPI $n-3$ y mejor relación $n6/n3$ en comparación con la carne de animales alimentados únicamente a base de concentrados (Basso et al., 2007). Esto se mantiene cuando Mernies et al. (2012) analizan la carne de cerdo PR alimentado con concentrado y pasto, pero, adicionalmente, encuentran que el contenido de AG aterogénicos (ácidos mirístico y palmítico) es menor en estos animales, lo que resulta en un beneficio para la salud humana.

Asimismo, el contenido de AG en la carne de cerdo no solo está influenciado por los factores mencionados anteriormente, sino también por el metabolismo endógeno de los AG, en el que ciertas enzimas como las desaturasas, elongasas y tioesterasas cumplen un rol fundamental. Las enzimas desaturasas (entre las más estudiadas: $\Delta 9$ -desaturasa, $\Delta 5$ -desaturasa y $\Delta 6$ -desaturasa) catalizan la síntesis endógena de algunos AGMI y AGPI a través del proceso de desaturación (Warensjö et al., 2008); la enzima elongasa cataliza la síntesis de AG de cadena larga a través del agregado de dos unidades de carbono en el extremo carboxilo del AG (Murakami et al., 2008) y la enzima tioesterasa es responsable de terminar la síntesis de ciertos AG y de liberar AG neosintetizados, principalmente C16:0 y C14:0 (Márquez, 2013).

Debido a la relación existente entre la ingesta de grasa en general y la implicancia de algunos AG de la carne en particular y las enfermedades

aterogénicas, la preferencia y aceptabilidad de los productos para algunos consumidores depende fuertemente de la composición de AG (Saadoun y Cabrera, 2019).

1.1.3. Selenio y su rol en el metabolismo de los lípidos

Como oligoelemento esencial, el selenio (Se) imparte una amplia gama de funciones biológicas tanto en la salud humana como en la animal. Numerosos son los estudios que han demostrado importantes funciones del Se y su implicancia en las enfermedades cardiovasculares (Benstoem et al., 2015), en la enfermedad de Alzheimer (Solovyev, 2015) y en la regulación y promoción del sistema inmune (Dalgaard et al., 2018). Es clasificado, también, como un mineral antioxidante por su rol en el centro activo de la enzima glutatión peroxidasa (GPx) y por ser cofactor de la enzima tiorredoxina reductasa, ambas selenoproteínas involucradas en los procesos oxidativos (Navarro y López, 2001).

En la nutrición animal, la suplementación con Se como antioxidante es una de las intervenciones dietéticas más utilizadas. Existen dos fuentes principales: orgánicas, que se encuentran principalmente en forma de selenometionina, e inorgánicas, como selenito de sodio o selenato. Diversos estudios han demostrado una mayor tasa de absorción y mejor deposición en el músculo del Se orgánico en comparación con Se inorgánico, lo que redundaría en una mayor actividad antioxidante de esta fuente (Li et al., 2011).

Además de su efecto como antioxidante, varios autores han demostrado que el Se tiene una interacción interesante con el metabolismo de los lípidos, que podría modificar la repartición cualitativa y cuantitativa en los tejidos musculares de las diferentes clases de lípidos, como los triglicéridos, el colesterol esterificado y libre y los fosfolípidos, así como también la composición

en AG. Calvo et al. (2017a) demostró una mayor actividad de la lipasa *post mortem* en animales suplementados con Se; Schäfer et al. (2004) encontraron, trabajando con ratas, que una deficiencia de Se puede interferir con la normal conversión de ALA en EPA y DHA, lo que puede resultar en un aumento de la proporción de n-6/n-3 en el hígado de estos animales.

Por otro lado, Del Puerto et al. (2017) demostraron que la suplementación con Se (independientemente de su forma química) en dietas de pollos incrementa los AGPI beneficiosos, principalmente los n-3 (ALA, EPA) en el músculo *gastrocnemio* (muslo). Sang-Keun et al. (2009) encontraron, en carne de cerdos, una mayor concentración de AGMI, como los ácidos palmitoleico y oleico, lo cual concuerda con los resultados de Calvo et al. (2017a) quien reportó un mayor nivel de ácido oleico; este autor adjudica este resultado al aumento en la actividad de la enzima $\Delta 9$ -desaturasa, enzima que cataliza la síntesis de AGMI como el ácido palmitoleico (C16:1), a partir del ácido palmítico (C16:0), y el ácido oleico (C18:1), a partir del ácido esteárico (C18:0).

1.1.4. Oxidación lipídica

La exposición al oxígeno (O₂) y la luz son dos de los principales factores que originan la aparición de fenómenos oxidativos en la carne. El O₂ constituye el punto de partida para generar desequilibrio entre la producción de especies reactivas y los mecanismos de defensa antioxidantes, provocando un tipo de daño celular conocido como estrés oxidativo (Armenteros et al., 2012).

Las especies reactivas del O₂ actúan sobre los AGPI de la carne, principalmente sobre aquellos con más de dos enlaces dobles (Wood et al., 2004). La peroxidación lipídica conduce a la destrucción de estos y se asocia con una depreciación en el valor nutricional y la calidad física y sensorial de la carne (provocando disminución de la vida útil). Además, los hidroperóxidos y

productos secundarios derivados de este proceso bioquímico son considerados potencialmente tóxicos para los consumidores y se vinculan con el riesgo de padecer diversas enfermedades (Brodowska et al., 2019, Bou et al., 2009).

Consecuentemente, la prevención del proceso de oxidación es un reto de alta prioridad para la industria cárnica y para la salud de los consumidores, por lo que ha sido objeto de diversos estudios. Muchos de estos estudios manifiestan cómo el uso de sustancias antioxidantes en dietas animales puede mejorar la estabilidad oxidativa de la carne (Li y Liu, 2012).

La suplementación con antioxidantes naturales (α -tocoferol, flavonoides, ácido ascórbico, betacarotenos, selenio, manganeso) se ha extendido en los últimos años como forma de sustituir a los antioxidantes sintéticos, como el ter-butil-hidroxi-tolueno (BHT) y el ter-butil-hidroxi-anisol (BHA). Estos dos productos han sido fuertemente cuestionados desde el punto de vista de la inocuidad alimentaria (Armenteros et al., 2012). Muchas de estas sustancias naturales están contenidas en las pasturas y existen varios autores que confirman que la carne producida sobre estas presenta mayor actividad antioxidante en comparación con aquella producida a granos (Echenique et al., 2009, Descalzo y Sancho, 2008, Insani et al., 2008).

1.2. HIPÓTESIS Y OBJETIVOS

1.2.1. Hipótesis

A partir de los antecedentes encontrados, se plantea la siguiente hipótesis:

El selenio orgánico y/o inorgánico modificará la composición en ácidos grasos en la carne de cerdo PR, obteniendo una carne con cualidades nutricionales

óptimas para la salud humana y, a su vez, con una mayor resistencia a la oxidación.

1.2.2. Objetivos

1.2.2.1. Objetivo general

Determinar el efecto de la suplementación en dietas de cerdos PR con Se orgánico e inorgánico, de los 90 a 180 días de edad, en un sistema de producción al aire libre, en la composición de los AG que forman parte del músculo *longissimus dorsi* (LD) y en su resistencia a la oxidación.

1.2.2.2. Objetivos específicos

Determinar la influencia del Se orgánico e inorgánico:

- a. Sobre el contenido de selenio en el músculo LD fresco y conservado. La indicación de conservado significa, desde ahora y en el resto del texto, conservación en frío a 1-2 °C y al vacío en bolsas impermeables al aire.
- b. Sobre la composición en AG totales, así como también sobre la composición de AG en la fracción polar (fosfolípidos) de la carne fresca y conservada, en el músculo LD.
- c. Sobre los índices de actividad enzimática de las enzimas desaturasas, elongasas y tioesterasas en AG totales y en AG en la fracción polar.
- d. Sobre los índices lipídicos y de salud: índice aterogénico, trombogénico e hiopocolesterolémico/hipercolesterolémico en los AG totales en el músculo LD fresco y conservado.

e. Sobre la resistencia a la oxidación lipídica de la carne fresca y conservada, en el músculo LD.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. ANIMALES Y MUESTRAS DE CARNE

Se utilizaron 24 cerdos machos castrados de la raza PR obtenidos de un sistema de producción al aire libre (Unidad de Producción de Cerdos, Centro Regional Sur, Facultad de Agronomía, Uruguay); todos los procedimientos realizados fueron aprobados por la Comisión Honoraria de Experimentación Animal (CHEA); Expediente n.º 020300-001111-20.

Durante todo su ciclo productivo los animales se mantuvieron alojados en refugios a campo, con comederos tipo batea (un comedero cada dos animales) y bebederos automáticos para el suministro de agua. Se destetaron a los 45 días y a los 83 ± 4 días de edad se asignaron a los tratamientos, respondiendo a la suplementación con diferentes fuentes de Se (orgánico e inorgánico).

Tratamientos dietarios:

C (Control): ración balanceada, sin Se agregado

SO: ración balanceada + Se orgánico (seleno-metionina hidróxi-análoga)

SI: ración balanceada + Se inorgánico (selenito de sodio)

El nivel de suplementación en Se usado fue de 0,3 ppm y corresponde al máximo de suplementación permitido por las reglamentaciones establecidas y aplicadas por varios organismos regulatorios en EE. UU. y Europa.

Se utilizaron 8 animales por tratamiento y el diseño experimental fue en bloques completamente al azar (DBCA), con dos bloques formados por animales contemporáneos. En cada bloque estuvieron presentes los tres tratamientos y cada tratamiento/bloque contó con cuatro animales. Los bloques fueron de 4500 m² y cada tratamiento/bloque contó con una superficie de 1500 m² divididos entre la zona de servicio y la zona de pastoreo.

Durante el período de crecimiento-engorde, los animales tuvieron libre acceso a una pastura sembrada de primer año compuesta por achicoria (*Cichorium intybus*, 58,3 % base seca), trébol rojo (*Trifolium pratense*, 38,94 % base seca), trébol blanco (*Trifolium repens*, 0,76 % base seca) y otros (Malezas, 2 % base seca) y fueron alimentados con concentrado (Tabla 1) en función de su peso vivo (PV). La oferta de concentrado fue corregida semanalmente en base al PV de los animales, considerando la siguiente fórmula de consumo máximo voluntario:

$$(PV^{0,75} \cdot 110 \cdot 4/3200) \cdot 0,85$$

En este caso, además, se consideró una restricción del 15 % de la oferta con el objetivo de incentivar el consumo de pastura. Para realizar la corrección de la oferta de ración se realizaron pesadas quincenales, asumiendo una tasa de crecimiento diaria de los animales igual para el período comprendido entre las pesadas.

Se obtuvieron muestras del concentrado y muestras de la pastura para su caracterización desde el punto de vista del valor nutricional. Los lípidos totales se extrajeron por la técnica de Soxhlet y la cuantificación de AG se realizó con la misma técnica que se utilizó para las muestras de carne. Ambos métodos se describen a continuación en el punto 2.2.

Tabla 1. Composición química de la dieta experimental

	Control (C)	Se orgánico Se-OH-Met (SO)	Se inorgánico Se-Na (SI)
Composición química			
Humedad (%)	12	12	12
Proteína cruda (%)	16,75	17,02	16,18
Extracto etéreo (%)	8,15	7,82	7,95
Fibra cruda (%)	6,60	6,39	5,80
Calcio (%)	0,7	0,7	0,7
Fósforo (%)	0,37	0,37	0,37
Cenizas (%)	7,06	7,32	6,87
Cenizas insolubles (%)	0,76	0,76	0,70
Selenio (ppm)	0,11	0,48	0,47

Ingredientes: Maíz (33,4 %); afrechillo de arroz (18,2 %); salvado de arroz (21,6 %); soja H-Pro (14,5 %); DDGS maíz (8 %); aceite de soja (1,3 %); carbonato de calcio (1,2 %); sal (0,23 %); núcleo vitamínico mineral (0,15 %); otros: lisina, treonina, rovbio max ap, sulfato de cobre, óxido de zinc, antioxidante, captor de toxinas (1,42 %).

Tabla 2. Composición química de las pasturas

	Pasturas
Composición química	
Humedad (%)	89,0 ± 0,5
Proteína cruda (%)	22,1 ± 1,9
Extracto etéreo (%)	3,2 ± 0,42
Fibra cruda (%)	15,9 ± 2,0
Cenizas (%)	17,60 ± 1,52
Selenio (ppm)	0,51 ± 0,11

Pradera de primer año, mezcla: Cichorium intybus, 58,3 %;

Trifolium pratense, 38,94 %; Trifolium repens, 0,76 % y otros, 2 %.

Tabla 3. Composición de ácidos grasos (g/100 g de ácidos grasos) de las pasturas y concentrado

	Pasturas	Concentrado
Ácidos grasos %		
C14:0	1,24 ± 0,05	0,25 ± 0,05
C16:0	21,3 ± 1,57	14,1 ± 0,65
C16:1n7	1,23 ± 0,11	0,71 ± 0,06
C18:0	4,36 ± 0,23	3,02 ± 0,11
C18:1n9	4,91 ± 0,53	40,75 ± 0,50
C18:2n6	20,8 ± 1,64	37,6 ± 0,47
C18:3n3	34 ± 2,3	0,55 ± 0,02
C22:0	5,32 ± 0,46	0,35 ± 0,04
C24:0	1,03 ± 0,08	0,46 ± 0,06
Otros	5,76 ± 0,4	2,16 ± 0,11

Media ± error estándar de la media. Pasturas: n = 9 (Composición química en Tabla 2). Concentrado n = 2 (Composición química en Tabla 1).

Los animales fueron sacrificados a los 182 ± 4 días de edad, con un peso promedio de $95,75 \pm 6$ kg en un matadero comercial cumpliendo con la normativa MGAP (Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca). Luego de la faena, inmediatamente se extrajo el músculo LD a la altura de la 10.^a a la 12.^a costilla y se trasladó enfriado hasta el laboratorio para su posterior análisis. A las 24 horas *post mortem*, previo período de enfriado a temperatura de 1-2 °C, el músculo se dividió en dos partes iguales: una se congeló inmediatamente a -

20 °C (muestras frescas) y la otra se conservó a 1-2 °C bajo vacío durante siete días. Posteriormente se almacenó a -20 °C hasta el momento de los análisis (muestras conservadas).

2.2. ANÁLISIS DE LAS MUESTRAS

2.2.1. Contenido de selenio en LD fresco y conservado

Se pesaron 10 g de cada muestra y se llevaron a estufa a 105 °C por 48 horas. Luego se incineraron a 580 °C durante 48 horas hasta obtener ceniza blanca. Se pesaron las cenizas y se disolvieron sobre plancha térmica a temperatura de subebullición, en una solución de 2 ml de ácido clorhídrico 6N y 2 ml de ácido nítrico destilado 1N. El residuo se filtró y se llevó a matraz de 25 ml, donde se enrasó con agua desionizada 18 Ohms. El Se total se determinó por espectrofotometría de absorción atómica y horno a grafito (Perkin Elmer, Analyst 300), utilizando modificadores de matriz en base a paladio (Cabrera et al., 2010). El resultado se expresó como mg Se/kg de carne.

2.2.2. Extracción de lípidos

La extracción de lípidos se realizó siguiendo la técnica de Folch et al. (1957). Se usaron 2 g, aproximadamente, de cada muestra en estudio (LD fresco y LD conservado) y se homogeneizaron durante 1 min en una solución de cloroformo y metanol (2:1). La sustancia homogeneizada se filtró con embudo fritado de porosidad media (número 3). El filtrado se colocó en una ampolla de decantación, se agregaron 25 ml de una solución de NaCl y se agitó por 1 min; para favorecer la separación de las fases se dejó reposar durante 24

h y luego se recogió en balones de vidrio la fase de cloroformo y lípidos. El cloroformo se evaporó en un rotavapor IKA Basic y los balones se colocaron en una estufa para su secado completo (30 min a 35 °C).

Por diferencia de peso con el balón vacío y el peso exacto de la muestra de carne, se determinó al 0,0001 g de peso con balanza de precisión el porcentaje de lípidos en la muestra.

2.2.2.1. Metilación y cuantificación de los AG totales

Se realizó la metilación de los AG siguiendo la técnica de Ichihara et al. (1996): los lípidos extraídos se disolvieron en hexano y se tomaron muestras de 40 mg. En tubos de metilación se colocaron 2 ml de hexano y 4 ml de KOH 2M, se colocaron en el vórtex durante 2 min y luego se centrifugaron a temperatura ambiente por 10 min.

Por último, se inyectó el sobrenadante (1 µl) producto del paso anterior en el cromatógrafo split/splitless Clarus 500 (Perkin Elmer Instruments, EE. UU.) para realizar la cromatografía de gases, siguiendo el procedimiento de Eder (1995). Se utilizó una columna capilar de sílice fundida CPSIL-88 de 100 m y una temperatura inicial de 90 °C durante 1 min; luego se aumentó la temperatura a 180 °C y se mantuvo durante 10 min y, por último, se subió la temperatura a 225 °C, manteniéndose durante 15 min. Inyector y detector fueron mantenidos a la temperatura de 250 °C. El flujo de H₂/aire para el detector FID era de 40/400 ml por minuto. El flujo del gas vector (H₂) era de 1ml/minuto a una presión de entrada de 40 PSI.

Los ésteres metilados de AG individuales se cuantificaron como un porcentaje del total de los ésteres metilados de AG detectados. El proceso de

integración se realizó mediante el programa propio del cromatógrafo TotalChrom (Perkin Elmer-USA).

2.2.2.2. Metilación y cuantificación de los AG en la fracción polar

Se realizó la metilación de los AG siguiendo la técnica de Ichihara et al. (2010): los lípidos extraídos se disolvieron en hexano y se tomaron muestras de 40 mg. En tubos de metilación se colocaron 2 ml de hexano y 3 ml de una solución 70 % KOH 2M – 30 % agua, se calentaron durante 5 min en baño maría a 30 °C y luego se colocaron en el vórtex durante 2,5 min. Se centrifugaron a temperatura ambiente por 10 min. El resto del procedimiento es idéntico al procedimiento seguido para la determinación de los AG totales.

2.2.3. Índice de actividad de las enzimas Δ -9 desaturasa, elongasa y tioesterasa en AG totales y en AG de la fracción polar

La actividad de estas enzimas se estimó a través de la relación entre la cantidad de sustrato específico y el producto correspondiente a cada enzima.

Se siguió el método de Dal Bosco et al. (2012) para el cálculo de la actividad de la Δ -9-desaturasa; las relaciones calculadas fueron C16:1n-7 a C16:0 y C18:1n-9 a C18:0 y luego se realizó su suma.

Para estimar la actividad de la elongasa se siguió el método de Okada et al. (2005) a través de la relación C18:0 a C16:0; y para estimar la actividad de la tioesterasa se calculó la relación entre C16:0 y C14:0 (Haug et al., 2014).

2.2.4. Cálculo de los Índices lipídicos y de salud

Los índices lipídicos y de salud fueron estimados a partir de la información correspondiente a la composición de AG obtenida en el trabajo.

2.2.4.1. Índice aterogénico

Este índice indica la relación entre la suma de los AGS proaterogénicos y los AG insaturados (AGMI y AGPI) antiaterogénicos. Estima el potencial de un alimento para favorecer la formación de la placa de ateroma. Se calculó mediante la fórmula establecida por Ulbricht y Southgate (1991):

$$IA = (4 \times C14:0 + C16:0) / [\sum MUFA + \sum (n-6) + \sum (n-3)]$$

2.2.4.2. Índice de trombogénesis

Se calculó mediante la fórmula de Ulbricht y Southgate (1991). Indica la relación entre los AGS protrombogénicos y los AGMI y AGPI antitrombogénicos; este índice estima el potencial de un alimento para la formación de coágulos en los vasos sanguíneos.

$$IT = (C14:0 + C16:0 + C18:0) / [0,5 \times \sum MUFA + 0,5 \times \sum (n-6) + 3 \times \sum (n-3) + \sum (n-3) / \sum (n-6)]$$

2.2.4.3. Índice h/H (hipocolesterolémico/hipercolesterolémico)

Se calculó mediante la fórmula de Fernández et al. (2007). Relaciona los AG insaturados (AGMI y AGPI) con los AGS (ácido mirístico y ácido palmítico);

estima el potencial de un alimento para elevar la concentración de colesterol a nivel sanguíneo.

$$h/H = C14:1 + C16:1 + C17:1 + C18:1 + C20:1 + C18:2 + C18:3 + C20:2 + C20:3 + C20:4 + C22:4 / (C14:0 + C16:0)$$

2.2.5. Oxidación lipídica a través del método de TBARS

Se cuantificaron las especies reactivas al ácido tiobarbitúrico siguiendo el método de Lynch y Frei (1993) adaptado por Terevinto et al. (2010). Se usaron 5 g, aproximadamente, de cada muestra del músculo en estudio, se homogeneizó con 100 ml de una solución *buffer* KCl + EDTA y 1 ml de BHT durante 1 min a 12000 rpm. En tubos de Falcon se colocaron 30 ml de la solución de extracción y se centrifugaron durante 10 min a 4 °C. Se extrajo 1 ml del sobrenadante y se colocó en un tubo de vidrio, se agregó 1 ml de solución TBA-TCA y se preparó el “blanco” con 1 ml de KCl + EDTA. Se colocaron los tubos en agua en ebullición durante 30 min y luego se colocaron en hielo por 5 min para detener la reacción. Se esperaron 45 min a temperatura ambiente y se agregó a cada tubo 3 ml de n-butanol; luego se pasaron por el vórtex y se centrifugaron durante 10 min.

Finalmente se extrajo el sobrenadante producto del paso anterior y se colocó en el espectrofotómetro para medir la absorbancia a 535 nm. Se cuantificó el ácido malondialdehído (MDA, producto secundario de la lipoperoxidación) y los resultados se expresaron en mg de MDA/kg de carne.

2.3. ANÁLISIS EN PASTURAS Y CONCENTRADO

Previo a la faena se realizaron muestreos de pasturas y concentrado con el fin de realizar los siguientes análisis.

2.3.1. Análisis proximal en pasturas y concentrado

El análisis proximal (Extracto etéreo (%), Fibra cruda (%), Cenizas (%)) incluyendo la Proteína Cruda Total (Kjeldahl method) fueron realizadas siguiendo los métodos del AOAC International (Latimer, 2019).

2.3.2. Contenido de lípidos y composición de AG en pasturas y concentrado

2.3.2.1. Extracción de lípidos en pasturas y concentrado

La extracción se realizó aplicando la técnica de Soxhlet (1879), utilizando como solvente extractor el hexano. Se pesaron entre 4 y 6 g de la muestra seca, se envolvieron en papel filtro y se colocaron en el aparato de Soxhlet. Por otro lado, en un balón se colocó el solvente hexano y se calentó hasta el punto de ebullición; el solvente se evaporó y se condensó en la parte superior del aparato. A partir de ahí, el proceso fue el siguiente. El condensado cae sobre un recipiente que contiene el papel filtro con las muestras en su interior, el solvente cubre el papel filtro hasta un determinado punto donde se produce el reflujo que devuelve el solvente con el material extraído al balón. Se vuelve a producir el proceso, en general entre 11 y 12 veces por hora, durante 4 horas, para que se hayan extraído todos los lípidos de la muestra.

2.3.2.2. Metilación y cuantificación de AG totales

Para este punto se realizó el mismo procedimiento explicado en los puntos 2.2.2.1.

2.3.3. Contenido de selenio en pasturas y concentrado

Se pesó 2 g de cada muestra (pasturas y concentrado) y se realizó el mismo procedimiento que en el punto 2.1.1.

2.4. ANÁLISIS ESTADÍSTICOS

Los datos se expresaron como la media $\pm$ el error estándar de la media. Los resultados se analizaron a través de un ANOVA medidas repetidas con efecto principal el tipo de dieta y el proceso (fresco-conservado) como medida repetida; los bloques se utilizaron como covariable. De acuerdo al siguiente modelo:

$$Y_{ta} = \mu + \alpha_t + \beta_a + (\alpha\beta)_{ta}$$

Donde la Y_{ta} es la variable de respuesta, μ es la media general, α_t el efecto del tratamiento (dieta), β_a el efecto del proceso (fresco/conservado) y $(\alpha\beta)_{ta}$ la correspondiente interacción.

El nivel de significancia fue de $p < 0,05$. La diferencia entre las medias se analizó con el test de Tukey-Kramer ($p < 0,05$). Se utilizó el software NCSS 2019.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. CONTENIDO DE SELENIO EN LD FRESCO Y CONSERVADO

La suplementación con Se tuvo efecto sobre el contenido de Se en el músculo LD fresco y conservado únicamente cuando se usó la fuente inorgánica ($p < 0,001$). No se encontró efecto del proceso (fresco/conservado) sobre la incorporación de Se en el músculo LD (Tabla 4).

Tabla 4. Efecto de la suplementación con selenio (orgánico/inorgánico) sobre el contenido de selenio (mg/kg de carne) en el músculo *longissimus dorsi* fresco y conservado.

	Selenio (mg/kg carne)		
	Control (C)	Se orgánico (SO)	Se inorgánico (SI)
Fresco	0,16 ± 0,02	0,22 ± 0,03	0,31 ± 0,05
Conservado	0,16 ± 0,02	0,24 ± 0,04	0,27 ± 0,04
Efectos principales	Dieta * SI > C	Proceso NS	
Media ± Error estándar de la media; * p < 0,001, NS: no significativo. Los efectos principales sobre la variable estudiada fueron analizados a través de ANOVA medidas repetidas.			

La incorporación de Se en el músculo fue mayor en las muestras provenientes de animales suplementados con Se inorgánico con respecto a las muestras provenientes de animales alimentados con la dieta control, tanto para las muestras frescas como conservadas, siendo mayor en 0,15 y 0,11 mg Se/kg de carne, respectivamente.

Si bien los valores absolutos (mg Se/kg de carne) en el músculo LD fresco y conservado son mayores cuando se compara el tratamiento SO vs. la dieta control (C), dichas diferencias no eran significativas. Así como tampoco se

detectaron diferencias significativas con respecto a las muestras provenientes del tratamiento SI. Estos resultados se contradicen con varios trabajos reportados en la bibliografía para carne de cerdo, en lo que se observa un mayor enriquecimiento con Se orgánico (Calvo et al., 2017a, Lisiak et al., 2014), donde estos autores explican sus resultados apelando a las diferencias en las rutas metabólicas de absorción y deposición de ambas fuentes de Se. Asimismo, para otras especies, como pollos, también se ha reportado una mayor incorporación de Se en el músculo cuando se utiliza la fuente orgánica (Del Puerto et al., 2017).

Es importante destacar que para este trabajo se puede observar una variabilidad importante en los datos (SEM) que podría haber conspirado contra un posible efecto de la fuente tanto orgánica como inorgánica.

De hecho, en un metaanálisis realizado sobre el efecto de la suplementación dietaria con Se sobre la concentración tisular en cerdos, se pone en manifiesto que la concentración de Se varía según el tejido y menciona que el Se inorgánico causó mayor concentración en el riñón, mientras que la fuente orgánica aumentó la concentración en músculo e hígado. Sin embargo, se explica que este efecto no fue consistente entre los estudios y concluye que la concentración de Se en los tejidos se ve afectada por el número de animales por unidad experimental y por el número de repeticiones, así como también por los individuos muestreados y el nivel de Se suplementado (Quisirumbay y Vílchez, 2019).

Además de lo mencionado, también es importante destacar que los animales utilizados en este trabajo tienen como parte de su alimentación las pasturas y que estas incorporan en todos los tratamientos dietarios un nivel basal de Se (Tabla 2), lo que supondría que los animales no parten de una dieta deficitaria en este mineral (como se ve en otros trabajos); esto podría estar

enmascarando efectos y diferencias entre los tratamientos. Para afirmar esto se debería contar con el dato de medición del consumo de pasturas, por lo que queda pendiente para futuras investigaciones.

Es preciso señalar que los alimentos de origen animal constituyen una de las principales fuentes de Se en nutrición humana y una oportunidad para levantar posibles deficiencias. Los valores reportados en este trabajo para el contenido de Se en el músculo LD (tanto en fresco como conservado) son valores deseables y coincidentes con los valores medios encontrados en otros trabajos (Quisirumbay y Vílchez, 2019).

3.2. ÁCIDOS GRASOS TOTALES E ÍNDICES DE ACTIVIDAD ENZIMÁTICA

Los AG encontrados en mayor proporción fueron el C16:0, C18:0, C18:1 y C18:2n6, con valores promedios de 27,35; 14,52; 44,52 y 6,53 %, respectivamente. Estos valores se corresponden con los valores de AG encontrados en mayor proporción en pasturas y concentrado (Tabla 3), dejando en evidencia la fuerte incidencia de la composición de AG de la dieta en la composición de AG totales en el músculo de animales no rumiantes.

Tabla 5. Efecto de la suplementación con selenio (orgánico/inorgánico) sobre la composición de ácidos grasos (g/100 g de ácidos grasos) en el músculo fresco y conservado.

	Fresco (F)			Conservado (M)			Efectos principales	
	Control (C)	Se orgánico (SO)	Se inorgánico (SI)	Control (C)	Se orgánico (SO)	Se inorgánico (SI)	Dieta	Proceso: fresco vs. conservado
Lípidos %	5,36 ± 0,66	5,43 ± 0,70	5,77 ± 0,39	4,76 ± 0,43	5,51 ± 0,80	6,13 ± 0,7	NS	NS
Ácidos grasos %								
C14:0	1,25 ± 0,04	1,27 ± 0,05	1,33 ± 0,03	1,29 ± 0,05 b	1,35 ± 0,03 b	1,57 ± 0,08 a	p < 0,002 SI > C, SO; C = SO	p < 0,004 M > F
C14:1	0,06 ± 0,01	0,05 ± 0,01	0,06 ± 0,01	0,06 ± 0,01	0,05 ± 0,01	0,05 ± 0,01	NS	NS
C16:0	26,7 ± 0,39	27,3 ± 0,34	27,0 ± 0,30	27,2 ± 0,19 b	27,1 ± 0,29 b	28,8 ± 0,67 a	p < 0,04 SI > C, SO; C = SO	p < 0,04 M > F

C16:1	2,86 ± 0,17	2,84 ± 0,13	3,25 ± 0,14	3,07 ± 0,16	2,88 ± 0,15	3,43 ± 0,19	p < 0,01 SI > SO; C = SI, SO	NS
C17:0	0,35 ± 0,02	0,32 ± 0,02	0,33 ± 0,04	0,37 ± 0,03	0,35 ± 0,02	0,30 ± 0,03	NS	NS
C17:1	0,20 ± 0,02	0,21 ± 0,01	0,23 ± 0,01	0,19 ± 0,01	0,23 ± 0,02	0,18 ± 0,02	NS	NS
C18:0	14.9 ± 0,36 ab	15.6 ± 0,39 a	14.1 ± 0,28 b	14.2 ± 0,40 ab	15.1 ± 0,49 a	13.2 ± 0,33 b	p < 0,001 SO, C > SI; C = SO	p < 0,03 F > M
C18:1	44,4 ± 0,57	44,6 ± 0,37	45,7 ± 0,43	44,6 ± 0,47	43,9 ± 0,45	43,9 ± 0,64	NS	NS
C18:2n6	6,89 ± 0,68	5,66 ± 0,46	5,93 ± 0,31	7,05 ± 0,51	7,02 ± 0,3	6,61 ± 0,23	NS	p < 0,04 M > F
C20:0	0,24 ± 0,01	0,29 ± 0,03	0,22 ± 0,01	0,21 ± 0,01 ab	0,23 ± 0,01a	0,18 ± 0,02 b	p < 0,004 SO > SI; C = SI,SO	p < 0,002 F > M
C20:1	0,03 ± 0,00	0,04 ± 0,01	0,03 ± 0,00	0,03 ± 0,01	0,01 ± 0,00	0,02 ± 0,01	NS	p < 0,03 F > M
C18:3n3	1,08 ± 0,04	1,07 ± 0,03	1,09 ± 0,06	1,02 ± 0,04	1,05 ± 0,05	1,03 ± 0,04	NS	NS
C20:2n6	0,22 ± 0,01	0,18 ± 0,01	0,21 ± 0,02	0,23 ± 0,02	0,23 ± 0,01	0,21 ± 0,01	NS	NS
C20:3n3	0,06 ± 0,02	0,04 ± 0,01	0,03 ± 0,00	0,07 ± 0,02	0,05 ± 0,01	0,05 ± 0,01	NS	NS
C20:4n6	0,26 ± 0,13	0,10 ± 0,02	0,13 ± 0,02	0,16 ± 0,03	0,15 ± 0,02	0,17 ± 0,02	NS	NS
C22:4n6	0,08 ± 0,01	0,07 ± 0,01	0,08 ± 0,01	0,06 ± 0,01	0,05 ± 0,01	0,05 ± 0,01	NS	p < 0,001F > M
otros	0,31	0,35	0,33	0,16	0,23	0,17	-	-
AGS	43,9 ± 0,80	45,1 ± 0,56	43,3 ± 0,66	43,6 ± 0,46	44,5 ± 0,63	44,4 ± 0,79	NS	NS
AGMI	47,6 ± 0,83	47,7 ± 0,40	49,2 ± 0,53	48,0 ± 0,54	47,0 ± 0,51	47,6 ± 0,71	NS	NS
AGPI	8,59 ± 1,00	7,11 ± 0,49	7,46 ± 0,44	8,60 ± 0,56	8,54 ± 0,31	8,10 ± 0,26	NS	NS

Media ± Error estándar de la media. Letras diferentes indican significación de la diferencia entre dieta (C, SO, SI) dentro de la misma línea.
NS = No significativo. Los efectos principales sobre la variable estudiada fueron analizados a través de ANOVA medidas repetidas.

Asimismo, la composición de AG no solo va a estar influenciada por la composición de grasas de la dieta, sino también por el metabolismo de los AG, donde juegan un rol importante las enzimas desaturasas, elongasas y tioesterasas, responsables de catalizar la síntesis *de novo* de diversos AG (Warensjo et al., 2008).

Tabla 6. Efecto de la suplementación con selenio (orgánico/inorgánico) sobre la actividad enzimática de la Δ -9 desaturasa, elongasa y tioesterasa en AG totales en el músculo *longissimus dorsi* fresco y conservado.

	Fresco (F)			Conservado (M)			Efectos principales	
	Control (C)	Se orgánico (SO)	Se inorgánico (SI)	Control (C)	Se orgánico (SO)	Se inorgánico (SI)	Dieta	Proceso (fresco vs. conservado)
Δ-9 16	0,11 $\pm$ 0,01 ab	0,10 $\pm$ 0,00 b	0,12 $\pm$ 0,01 a	0,11 $\pm$ 0,01 ab	0,10 $\pm$ 0,01 b	0,12 $\pm$ 0,01 a	p < 0,04 SI > SO	NS
Δ-9 18	2,99 $\pm$ 0,09 b	2,87 $\pm$ 0,08 b	3,25 $\pm$ 0,08 a	3,15 $\pm$ 0,10 ab	2,93 $\pm$ 0,11 b	3,34 $\pm$ 0,11 a	p < 0,001 SI > SO	NS
Δ-9 16+18	3,09 $\pm$ 0,10 b	2,97 $\pm$ 0,09 b	3,37 $\pm$ 0,08 a	3,27 $\pm$ 0,1 ab	3,03 $\pm$ 0,11 b	3,46 $\pm$ 0,11 a	p < 0,001 SI > SO	NS
Elongasa	0,56 $\pm$ 0,01 a	0,57 $\pm$ 0,01 a	0,52 $\pm$ 0,01 b	0,53 $\pm$ 0,01 a	0,56 $\pm$ 0,02 a	0,46 $\pm$ 0,01 b	p < 0,001 SO > SI	p < 0,00 F > M
Tioesterasa	21,6 $\pm$ 0,50	21,6 $\pm$ 0,65	20,5 $\pm$ 0,34	21,2 $\pm$ 0,79 a	20,2 $\pm$ 0,42 ab	18,6 $\pm$ 0,72 b	p < 0,01 C > SI	p < 0,01 F > M

Media $\pm$ Error estándar de la media. Letras diferentes indican significación de la diferencia entre dieta (C, SO, SI) dentro de la misma línea. NS = No significativo. Los efectos principales sobre la variable estudiada fueron analizados a través de ANOVA medidas repetidas.

La suplementación con Se (independientemente de su forma química) no afectó el contenido de AGPI, ni de forma conjunta ni individual (Tabla 5). Estos datos son coincidentes con los encontrados por Calvo et al. (2017a) estudiando carne de cerdo suplementados con Se (0,4 ppm) en sus distintas fuentes; asimismo, también coincide con lo encontrado por otros autores trabajando con otras especies, como corderos (Liu et al., 2011) y terneros (Skrivanova et al., 2007).

Sin embargo, se contradicen con lo reportado por Del Puerto et al. (2017), quienes demostraron que la suplementación con Se orgánico e inorgánico en dietas de pollos incrementó algunos AGPI beneficiosos como el C18:3n-3, aunque este efecto se vio específicamente en el músculo *gastrocnemius*, no así en el *pectoralis*, lo que podría suponer que el Se tendría efecto sobre estos AG no solo en función del tipo de músculo, sino también de la especie animal. Reafirmando esto último, Calvo et al. (2017b) demostraron que el pH muscular podría estar afectando o modulando el efecto del Se sobre la calidad de la carne, lo que llevaría a explicar ciertas diferencias entre especies.

Por otro lado, la suplementación con Se en su forma inorgánica parece haber favorecido el contenido de C14:0 y C16:0 en el músculo conservado (no existiendo efecto sobre el músculo fresco, lo cual coincide con lo reportado por Calvo et al. (2017a)), el C14:0 se encontró en una proporción de 0,22 % más con respecto a SO y 0,28 % más con respecto a C; de igual forma sucede con el C16:0, siendo mayor en 1,6 y 1,7 % con respecto a C y SO, respectivamente. Esto último podría estar asociado al menor índice de actividad de la enzima elongasa en el grupo dietario SI con respecto al SO, así como también en las muestras conservadas frente a las muestras frescas (Tabla 6).

Es de importancia destacar estos resultados, ya que el Se inorgánico parecería estar afectando en el músculo conservado a estos AG (C14:0 y C16:0), conocidos por su efecto aterogénico, promotores de ciertas enfermedades cardiovasculares (Praagman et al., 2016). Asimismo, Murakami et al. (2008) ponen en evidencia que índices bajos en la actividad de la elongasa se asocia con perfiles adversos para varios factores de riesgo metabólico en mujeres japonesas.

También se encontró efecto de la dieta sobre el C18:0, en este caso tanto en el músculo fresco como conservado, encontrándose en mayor proporción en el músculo LD del grupo dietario C y SO con respecto al SI. De forma contraria, Calvo et al. (2017a) reportaron menor proporción de C18:0 en carnes de animales suplementados con Se orgánico con respecto a carnes de animales suplementados con Se inorgánico y explican sus resultados por el aumento de la actividad de la enzima Δ -9 desaturasa en la dieta con Se orgánico, lo que también se contradice con lo encontrado en este trabajo, donde, a la inversa, se observó un aumento del índice de actividad de la Δ -9 desaturasa en el grupo SI (Tabla 6), lo que explicaría la menor proporción de C18:0 encontrada en este trabajo.

En otras especies se encontraron trabajos coincidentes, como el de Korniluk et al. (2008) trabajando con corderos suplementados con 0,2 ppm de Se en su forma inorgánica.

En lo que respecta a los AGMI, la dieta ejerció efecto sobre el C16:1, encontrándose en mayor proporción tanto en las muestras frescas como conservadas cuando los animales fueron suplementados con Se inorgánico. Trabajos recientes (Cruz M et al., 2020) ponen en manifiesto que el C16:1 podría relacionarse con la obesidad, previniendo parcialmente el aumento de la expresión génica en los adipocitos provocados por la obesidad, esto determina un nuevo

campo de investigación donde es necesario prestar atención a los resultados encontrados en este trabajo.

Respecto al proceso (fresco-conservado) se encontró efecto sobre los AG C14:0, C16:0, C18:0 y C18:2n-6 (Tabla 5). En cuanto a los AGS, se encontró en mayor proporción el C14:0 y C16:0 en el músculo conservado, en promedio 0,12 % y 0,7 % más, respectivamente, lo que, como se mencionó anteriormente, resulta relevante por la influencia de estos AG como promotores de ciertas enfermedades cardiovasculares. El AG C18:0 se observó en mayor proporción (en promedio, 0,7 % más) en el músculo fresco con respecto al músculo conservado.

En referencia a los AGPI esenciales para el humano, se encontró efecto sobre el AG C18:2n-6, observándose en promedio 0,73 % más en el músculo LD conservado con respecto al músculo LD fresco. No se encontró una explicación para este resultado. Este hecho justificaría futuras investigaciones para confirmar y explicar este punto.

Es importante mencionar que no se encontraron diferencias significativas para la composición de AG entre la dieta C vs. SO, ya sea en las muestras frescas como conservadas (Tabla 5). Es un hecho importante a destacar, ya que indica que las diferencias encontradas radican en la fuente del Se más allá de la suplementación, observándose un efecto menos favorable (por el aumento en la proporción de AG aterogénicos) en la fuente inorgánica, principalmente en las muestras conservadas.

La escasez de trabajos que reporten el perfil de AG en la carne de cerdo conservadas o maduradas es evidente en la literatura científica. La mayoría de los reportes encontrados son en carne fresca, por lo que resulta difícil poder comparar los resultados encontrados. Lo relevante de este trabajo es que deja planteado el

notorio cambio en la composición de AG que hay entre la carne fresca y la conservada, lo que podría llevar a replantear algunas investigaciones a futuro.

3.3. ÁCIDOS GRASOS DE LA FRACCIÓN POLAR E ÍNDICES DE ACTIVIDAD ENZIMÁTICA

Dentro de los AG contenidos en los fosfolípidos, los que predominan son los AG palmítico, oleico, linoleico y esteárico (Tabla 7); estos datos coinciden con lo reportado por Wood et al. (1973) tanto para cerdos Large White como Pietrain. Asimismo, y a excepción del AG esteárico, esto también coincide con lo reportado por Betti et al. (2009) en carne de otro animal no rumiante, el pollo.

Tabla 7. Efecto de la suplementación con selenio (orgánico/inorgánico) sobre la composición de ácidos grasos (g/100 g de ácidos grasos) en la fracción polar en el músculo *longissimus dorsi* fresco y conservado.

	Fresco (F)			Conservado (M)			Efectos principales	
	Control (C)	Se orgánico (SO)	Se inorgánico (SI)	Control (C)	Se orgánico (SO)	Se inorgánico (SI)	Dieta	Proceso (fresco vs. conservado)
C14:0	0 ± 0,00	0,25 ± 0,12	0,19 ± 0,10	0,83 ± 0,08	0,73 ± 0,09	0,74 ± 0,06	NS	p < 0,001 M > F
C14:1	0,78 ± 0,08	0,78 ± 0,06	0,70 ± 0,11	0,71 ± 0,07	0,62 ± 0,09	0,68 ± 0,07	NS	NS
C16:0	35,2 ± 1,04	36,4 ± 1,31	33,3 ± 0,88	34,6 ± 0,94	34,2 ± 1,27	33,2 ± 1,23	NS	NS
C16:1	1,22 ± 0,17	1,37 ± 0,13	1,03 ± 0,11	1,53 ± 0,13	1,36 ± 0,17	1,30 ± 0,15	NS	NS
C17:0	0,79 ± 0,07	0,82 ± 0,05	0,72 ± 0,07	0,69 ± 0,05	0,64 ± 0,04	0,72 ± 0,06	NS	p < 0,04 F > M
C17:1	0,58 ± 0,05	0,51 ± 0,06	0,48 ± 0,06	0,49 ± 0,06	0,46 ± 0,04	0,41 ± 0,03	NS	NS
C18:0	18,1 ± 0,59	18,1 ± 0,37	18,4 ± 0,38	17,9 ± 0,56	18,6 ± 0,46	18,0 ± 0,30	NS	NS

C18:1	22,3 ± 0,92	22,4 ± 0,83	21,1 ± 0,87	24,6 ± 1,18	24,3 ± 1,39	24,3 ± 0,46	NS	p < 0,003 M > F
C18:2n6	18,5 ± 1,66	17,0 ± 0,92	21,0 ± 0,97	14,9 ± 1,73	16,1 ± 2,35	16,4 ± 1,54	NS	p < 0,02 F > M
C18:3n3	0,48 ± 0,07	0,39 ± 0,03	0,56 ± 0,07	0,47 ± 0,06	0,49 ± 0,07	0,52 ± 0,06	NS	NS
C20:4n6	0,63 ± 0,11	0,56 ± 0,13	0,49 ± 0,12	1,28 ± 0,11	1,34 ± 0,09	1,12 ± 0,14	NS	P < 0,001 M > F
otros	1,29	1,46	2,02	1,92	1,29	2,57	-	-

Media ± Error estándar de la media. NS = No significativo. Los efectos principales sobre la variable estudiada fueron analizados a través de ANOVA medidas repetidas.

Tabla 8. Efecto de la suplementación con selenio (orgánico/inorgánico) sobre la actividad enzimática de la Δ -9 desaturasa, elongasa y tioesterasa en AG de la fracción polar en el músculo *longissimus dorsi* fresco y conservado.

	Fresco (F)			Conservado (M)			Efectos principales	
	Control (C)	Se orgánico (SO)	Se inorgánico (SI)	Control (C)	Se orgánico (SO)	Se inorgánico (SI)	Dieta	Proceso (fresco vs. conservado)
Δ-9 16	0,03 ± 0,00	0,04 ± 0,00	0,03 ± 0,00	0,04 ± 0,00	0,04 ± 0,00	0,04 ± 0,00	NS	p < 0,03 M > F
Δ-9 18	1,24 ± 0,07	1,24 ± 0,05	1,15 ± 0,06	1,39 ± 0,08	1,31 ± 0,06	1,36 ± 0,03	NS	p < 0,008 M > F
Δ-9 16 +18	1,27 ± 0,07	1,28 ± 0,06	1,18 ± 0,06	1,43 ± 0,08	1,34 ± 0,07	1,40 ± 0,03	NS	p < 0,01

								M > F
Elongasa	0,52 ± 0,03	0,50 ± 0,02	0,56 ± 0,02	0,52 ± 0,01	0,55 ± 0,02	0,54 ± 0,02	NS	NS
Tioesterasa	-	-	-	44,3 ± 4,40	55,5 ± 11,08	45,7 ± 2,25	-	-

Media ± Error estándar de la media. NS = No significativo. Los efectos principales sobre la variable estudiada fueron analizados a través de ANOVA medidas repetidas. No se realiza el cálculo de la enzima tioesterasa para las muestras frescas debido a la ausencia del AG C14:0 en muestras frescas.

Con respecto al efecto de la dieta sobre la composición de AG en los fosfolípidos, no se encontraron efectos significativos (Tabla 7), lo que concuerda con los resultados obtenidos para los índices de actividad de las enzimas Δ -9 desaturasa, elongasa y tioesterasa para los distintos tipos de dieta, donde no se encontraron diferencias significativas (Tabla 8).

Algunos trabajos reportan hallazgos que se contradicen con los reportados en este trabajo. Por ejemplo, Nuernrberg et al. (2002) encontraron un efecto de la suplementación con Se sobre algunos AG presentes en fosfolípidos; entre ellos, encontraron una mayor proporción de C18:0 y C18:2n-6, así como una menor concentración de C18:3n-3 y Calvo et al. (2017a) reportaron una mayor proporción de C18:2n-6 en los grupos alimentados con SO.

En lo referente al proceso (fresco/conservado), se puede observar en la Tabla 7 la existencia de efecto sobre los AG en la fracción polar, donde se encontró una mayor proporción de C14:0, C18:1 y C20:4n-6 en el músculo LD conservado con respecto al músculo LD fresco, en promedio siendo mayor en 0,62, 2,45 y 0,69 %, respectivamente. El aumento en mayor proporción fue en el AG C18:1, lo que se podría explicar por el aumento significativo de la actividad de la enzima Δ -9 desaturasa en las muestras conservadas (Tabla 8).

Por otro lado, se encontró mayor proporción (en promedio, 3,04 % más) del C18:2n-6 en el músculo fresco que en el músculo conservado. Es importante notar que este resultado es opuesto a lo encontrado para este mismo AG en los AG totales. La explicación podría radicar en que en la fracción polar existe una mayor proporción de los AGPI, lo que podría hacer notar efectos que podrían encubrirse en los AG totales.

La menor proporción de C18:2n-6 encontrada en la fracción polar en las muestras conservadas podría explicarse por la degradación de los AGPI por el proceso oxidativo, el cual es significativo respecto a las muestras frescas (Tabla 10). Sin embargo, esta explicación no sería válida para explicar el aumento observado para el C20:4n-6 en las muestras conservadas en comparación con las muestras frescas. La proporción opuesta que se observa entre dichos AG, ambos AGPI, en la carne conservada merece una profundización en investigaciones futuras.

En la última década ha aumentado el número de trabajos que han puesto el foco en la composición de AG de los fosfolípidos, debido principalmente a su importante contenido en AGPI, motivo que los hace especialmente susceptibles a la oxidación (Amaral et al., 2018); aun así, muchos trabajos en la literatura

científica reportan la composición de AG por clase de fosfolípidos y no en su totalidad, lo que dificulta la comparación de resultados.

Chao et al. (2021) determinaron que la mayoría de los fosfolípidos en el músculo LD de cerdos pueden mantener su integridad en un período de envejecimiento de 8 días; estos autores mencionan que alteraciones en el perfil de fosfolípidos provocadas por la conservación de las carnes podrían arrojar un mecanismo desconocido sobre el envejecimiento de la carne, pero que se necesitan investigaciones adicionales para poder determinarlo, así como también su incidencia en la vida útil de la carne y la posible influencia en la salud humana. Todos estos temas son de interés para seguir trabajando, para entender mejor la dinámica de los AG, y los AGPI en particular, en carne de animales productivos como el cerdo PR. Dicho conocimiento resulta esencial para conocer los efectos de estas carnes sobre la salud de los consumidores.

3.4. ÍNDICES LIPÍDICOS Y DE SALUD

Con énfasis en la salud humana se estimaron algunos índices de calidad de lípidos y de salud, asociados a la composición de los AG totales. Como se observa en la Tabla 9, se encontró efecto de la suplementación dietaria, así como también sobre el proceso (fresco/conservado).

Con respecto a este último, únicamente se encontró efecto sobre la relación n-6/n-3, la cual fue mayor en el músculo conservado. Este resultado se podría explicar por la mayor proporción encontrada del AG C18:2n-6 en el músculo conservado con respecto al fresco (Tabla 5). El hecho de que exista una mayor relación n-6/n-3 implica, desde el punto de vista de la salud humana, un punto

menos favorable, ya que se ha demostrado que una dieta con baja relación n-6/n-3 reduce el riesgo de enfermedades cardiovasculares (Belsey, 2008). Aun así, los valores de n-6/n-3 para todas las muestras de este trabajo no se alejan demasiado de lo recomendado, 4:1 (FAO-WHO, 2010).

Tabla 9. Efecto de la suplementación con selenio (orgánico/inorgánico) sobre los índices lipídicos y de salud en el músculo *longissimus dorsi* fresco y conservado

	Fresco (F)			Conservado (M)			Efectos principales	
	Control (C)	Se orgánico (SO)	Se inorgánico (SI)	Control (C)	Se orgánico (SO)	Se inorgánico (SI)	Dieta	Proceso (fresco vs. conservado)
AGPI								
/AGS	0,20 ± 0,03	0,16 ± 0,01	0,17 ± 0,01	0,20 ± 0,01	0,19 ± 0,01	0,18 ± 0,01	NS	NS
n-6	7,46 ± 0,95	6,01 ± 0,48	6,34 ± 0,38	7,50 ± 0,53	7,44 ± 0,32	7,03 ± 0,25	NS	NS
n-3	1,13 ± 0,07	1,11 ± 0,03	1,12 ± 0,07	1,10 ± 0,06	1,10 ± 0,05	1,08 ± 0,04	NS	NS
n-6/n-3	6,49 ± 0,48	5,43 ± 0,45	5,73 ± 0,22	6,88 ± 0,47	6,92 ± 0,52	6,58 ± 0,33	NS	p < 0,01 M > F
IA	0,56 ± 0,02	0,59 ± 0,01	0,57 ± 0,02	0,57 ± 0,01 b	0,59 ± 0,01 b	0,63 ± 0,03 a	P < 0,05 SI > SO, C	NS
TI	1,38 ± 0,05	1,46 ± 0,03	1,36 ± 0,04	1,37 ± 0,03	1,42 ± 0,03	1,43 ± 0,05	NS	NS
h/H	2,01 ± 0,06	1,92 ± 0,04	2,00 ± 0,05	1,99 ± 0,03	1,95 ± 0,04	1,85 ± 0,07	NS	NS

Media ± Error estándar de la media. Letras diferentes indican significación de la diferencia entre dieta (C, SO, SI) dentro de la misma línea. NS = No significativo. Los efectos principales sobre la variable estudiada fueron analizados a través de ANOVA medidas repetidas.

Los valores para la relación n-6/n-3 encontrados en este trabajo no se alejan de los reportados por Ramos (2008): un valor de 7,5 en promedio para cerdos criollos de la región de Tumbes (Perú) alimentados con una fuerte base pastoril al igual que en este trabajo.

Se encontró efecto en el IA en las muestras conservadas provenientes del grupo dietario SI. Anteriormente, al discutir la Tabla de AG totales en base al efecto de la dieta se podía ver en las muestras conservadas un efecto poco positivo, producto de la fuente de Se inorgánico, lo que se relaciona directamente con los valores de IA de las muestras conservadas (Tabla 9), donde el IA es mayor en el grupo dietario SI en relación al SO o C, debido al aumento en el C14:0 y C16:0 en las muestras conservadas del tratamiento SI (Tabla 5), AG promotores de enfermedades cardiovasculares. Es importante destacar, que aún frente a este aumento del IA para las muestras provenientes de a SI, los valores absolutos de IA para todas las muestras están por debajo de los encontrados para otras carnes, por ejemplo la bovina, encontrándose valores de 1 o superiores (Procisur-IIICA, 2014).

3.5. OXIDACIÓN LIPÍDICA

Las muestras conservadas mostraron mayor oxidación lipídica que las muestras frescas ($p < 0,0001$) para todas las dietas. No se observó efecto de la dieta sobre la oxidación lipídica, ni para las muestras frescas ni conservadas (Tabla 10).

Tabla 10. Efecto de la suplementación con selenio orgánico e inorgánico sobre la oxidación lipídica expresada como mg MDA/Kg de músculo *longissimus dorsi* fresco y conservado.

	TBARS (mg MDA/kg carne)		
	Control (C)	Se orgánico (SO)	Se inorgánico (SI)
Fresco	0,18 ± 0,01	0,15 ± 0,01	0,17 ± 0,02
Conservado	0,28 ± 0,01	0,30 ± 0,04	0,30 ± 0,03
Efectos principales			
Dieta NS			
Proceso ** Conservado > Fresco			
Media ± Error estándar de la media; ** p < 0,00001, NS: no significativo. Los efectos principales sobre la variable estudiada fueron analizados a través de ANOVA medidas repetidas.			

Las muestras de LD conservadas mostraron los valores más altos para oxidación lipídica, siendo en promedio 0,125 mg MDA/kg de muestra mayor en relación a las muestras de LD frescas. Aun así, es importante destacar que tanto los valores en conservado como en fresco son valores muy bajos de oxidación, que se mantienen por debajo de 2 mg MDA/kg de muestra, valor que corresponde al nivel máximo aceptable de oxidación lipídica en productos cárnicos para el consumo humano (Campo et al., 2006).

Los valores obtenidos podrían deberse al aporte de antioxidantes naturales provenientes de las pasturas consumidas por los animales; incluso, diversos trabajos reportan no encontrar efecto o encontrar efectos bajos de la maduración/conservación y lo explican por la estabilidad oxidativa de aquellas carnes provenientes de animales alimentados con concentrados, pero con aporte de pasturas en el caso del PR (Carballo et al., 2017). También en otra especie,

como los bovinos de carne, animales que consumen solo pasturas (Terevinto et al., 2010).

En cuanto al efecto de la dieta sobre la oxidación lipídica, existen diversos reportes contradictorios en la bibliografía, donde algunos han informado poco o ningún efecto del Se orgánico en la mejora de la estabilidad oxidativa y otros reportan un efecto notorio del uso de Se (sobre todo orgánico) en la estabilidad oxidativa de la carne.

De forma coincidente con este trabajo, Calvo et al. (2017a) no encontraron diferencias significativas en los valores de TBARS para carnes de cerdos suplementados con Se orgánico y Se Inorgánico, así como tampoco para las muestras en fresco y madurado durante 6 días, un tiempo similar al utilizado en nuestro trabajo. Sin embargo, dicho trabajo compara las fuentes de Se, sin incluir un tratamiento control, lo que no demuestra el efecto de la suplementación con este mineral. Por otro lado, Nuernberg et al. (2002) tampoco observaron efecto de la suplementación dietética con Se sobre las concentraciones de MDA en el músculo en fresco.

Por el contrario, Li et al. (2011) encontraron menor concentración de TBARS en carne de cerdos suplementados con Se orgánico, pero en este caso es importante destacar que los animales fueron sometidos a una dieta deficiente en Se previo a su suplementación. En otras especies también se ha reportado una mayor estabilidad ante la oxidación lipídica en carnes de animales suplementados con Se, principalmente en su forma orgánica (Liu et al., 2011, Dlouha et al., 2008).

Existen reportes que demuestran que el Se ejerce un efecto sobre la GPx y, por tanto, sobre la capacidad antioxidante de las carnes solo cuando la dieta es deficitaria en Se (Alberro 2013, Li et al., 2011). Visto esto, es importante destacar

que en todos los trabajos anteriores donde se encontró un efecto positivo del Se mejorando el estatus oxidativo de las carnes, los animales fueron alimentados a base de granos, no pasturas. Como se vio anteriormente, las pasturas realizan un aporte importante de Se (Tabla 2) y, posiblemente, también de antioxidantes naturales, que podrían estar reduciendo o anulando el efecto de la suplementación con Se; sin embargo, para poder afirmarlo se necesitan más investigaciones.

4. CONSIDERACIONES FINALES

El musculo estudiado, LD, se enriqueció con Se cuando se suplemento con Se inorgánico.

La suplementación con Se no modificó el contenido de AGPI, independientemente de su forma química. Sin embargo, cuando se suplementó con Se inorgánico aumentó el contenido de C16:1 en todas las muestras y la proporción de C14:0 y C16:0 aumentó en las muestras conservadas.

Se encontró un IA mayor en las muestras conservadas provenientes de animales suplementados con Se inorgánico, mientras que, la relación n-6/n-3 fue una mayor para todas las muestras en el músculo conservado.

Los niveles de oxidación lipídica obtenidos fueron muy bajos y la inclusión de Se no tuvo efecto sobre la misma, sin embargo se observó un mayor valor de oxidación lipídica en el LD conservado durante 7 días.

Las pasturas aportan cierta cantidad de Se, lo que podría estar enmascarando ciertos efectos del mismo, para afirmarlo se necesita continuar con la investigación.

La suplementación con Se inorgánico en estos animales bajo estas condiciones alimenticias enriquece la carne de cerdo PR con Se y aumenta el contenido de AG C16:1 (AG vinculado con la prevención de la obesidad), por lo que esta intervención alimenticia podría ser el camino para la obtención de un producto diferenciado y funcional que atienda posibles mercados emergentes.

5. BIBLIOGRAFÍA

- Alberro M. 2013. Metaanálisis del efecto de la suplementación con selenio sobre la actividad de la glutatión peroxidasa en distintas especies y tejidos. Tesina de la Licenciatura en Bioquímica. Uruguay. Facultad de Ciencias. [En línea]. 15 marzo 2020. <https://www.colibri.udelar.edu.uy/jspui/bitstream/20.500.12008/1510/1/uy24-16195.pdf>
- Amaral A, Silva M, Lannes S. 2018. Lipid oxidation in meat: mechanisms and protective factors - a review. Food Science and Technology 38 (1): 1-15. <https://doi.org/10.1590/fst.32518>
- Armenteros M, Ventanas S, Morcuende D, Estévez M, Ventanas J. 2012. Empleo de antioxidantes naturales en productos cárnicos. Eurocarne 207: 63-73. Universidad de Extremadura. Facultad de Veterinaria.
- Basso L, Moisés S, Brunori J, Franco R, Bacci R, Papotto D. 2007. Calidad de carne diferencial de cerdos producidos en sistemas al aire libre. Encuentro de Nutrición y Producción de Animales Monogástricos (9.º, 2007, Montevideo, Uruguay). Memorias del encuentro. Montevideo. Universidad de la República, Facultad de Agronomía. Pp. 63-68.
- Belsey J. 2008. ω -3 Fatty Acids and the Risk of Coronary Heart Disease. En: Meester F, Watson RR. (Eds.). Wild-Type Food in Health Promotion and Disease Prevention. Humana Press. 55-73.
- Benstoem C, Goetzenich A, Kraemer S, Borosch S, Manzanares W, Hardy G, Stoppe C. 2015. Selenium and its supplementation in cardiovascular disease – what do we know? Nutrients. 7(5): 3094-3118. DOI: [10.3390/nu7053094](https://doi.org/10.3390/nu7053094)
- Betti M, Schneider B, Wismer W, Carney L, Zuidhof M, Renema R. 2009. Omega-3-enriched broiler meat: 2. Functional properties, oxidative stability, and consumer

- acceptance. Poultry Science. 88(5): 1085-1095. <https://doi.org/10.3382/ps.2008-00158>
- Bones E, Florou-Paneri P, Christaki E, Giannenas I, Skoufos I, Tsinas A, Tzora A, Peng J. 2014. Pork meat as a functional food. Conference: II International Congress Food Technology, Quality and Safety, At Novi Sad, Serbia. 34-39.
- Bou R, Codony R, Tres A, Decker E. 2009. Dietary strategies to improve nutritional value, oxidative stability and sensory properties of poultry products. Food Science and Nutrition. 49(9): 800-822. DOI: [10.1080/10408390902911108](https://doi.org/10.1080/10408390902911108)
- Brodowska M, Guzek D, Jóźwik A, Głąbska D, Godziszewska J, Wojtasik-Kalinowski I, Zarodkiewicz M, Gantner M, Wierzbicka A. 2019. The effect of high-CO₂ atmosphere in packaging of pork from pigs supplemented with rapeseed oil and antioxidants on oxidation processes. Food Science and Technology. 99: 576–582. DOI: [10.1016/j.lwt.2018.09.077](https://doi.org/10.1016/j.lwt.2018.09.077)
- Cabrera MC, Ramos A, Saadoun A, Brito G. 2010. Selenium, copper, zinc, iron and manganese content of seven meat cuts from Hereford and Braford steers fed pasture in Uruguay. Meat Science. 84(3): 518-528. DOI: [10.1016/j.meatsci.2009.10.007](https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2009.10.007)
- Calvo L, Segura J, Toldrá F, Flores M, Rodríguez A, López C, Rey A. 2017a. Meat quality, free fatty acid concentration, and oxidative stability of pork from animals fed diets containing different sources of selenium. Food Science and Technology International. 23(8):716-728. DOI: [10.1177/1082013217718964](https://doi.org/10.1177/1082013217718964)
- Calvo L, Toldrá F, Rodríguez A, López-Bote C, Rey A. 2017b. Effect of dietary selenium source (organic vs. mineral) and muscle pH on meat quality characteristics of pigs. Food Science & Nutrition. 5(1): 94–102. DOI: [10.1002/fsn3.368](https://doi.org/10.1002/fsn3.368)
- Campo M, Nute G, Hughes S, Enser M, Wood J, Richardson R. 2006. Flavour perception of oxidation in beef. Meat Science. 72(2): 303-311. DOI: [10.1016/j.meatsci.2005.07.015](https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2005.07.015)

- Carballo C, Terevinto A, Barlocco N, Saadoun A, Cabrera M. 2017. pH, Drip Loss, Colour, Lipids and Protein Oxidation of Meat from Pampa-Rocha and Crossbred Pigs Produced Outdoor in Uruguay. *Journal of Food and Nutrition Research*. 5(5): 342-346. DOI: [10.12691/jfnr-5-5-9](https://doi.org/10.12691/jfnr-5-5-9)
- Chao M, Donaldson E, Wu W, Welter A, O'Quinn T, Hsu W, Schulte M, Lonergan S. 2021. Characterizing membrane phospholipid hydrolysis of pork loins throughout three aging periods. *Meat Science* 163(1):108065. DOI: [10.1016/j.meatsci.2020.108065](https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2020.108065)
- Cruz M, Simao J, de Sa R, Farias T, da Silva S, Abdala F, Antraco V, Correa L, Alonso M. 2020. Palmitoleic Acid Decreases Non-alcoholic Hepatic Steatosis and increases lipogenesis and fatty acid oxidation in adipose tissue from obese mice. *Frontiers in Endocrinology*. 11: 537061. DOI: [10.3389/fendo.2020.537061](https://doi.org/10.3389/fendo.2020.537061)
- Dal Bosco A, Mugnai C, Ruggeri S, Mattioli S, Castellini C. 2012. Fatty acid composition of meat and estimated indices of lipid metabolism in different poultry genotypes reared under organic system. *Poultry Science*. 91(8): 2039–2045. DOI: [10.3382/ps.2012-02228](https://doi.org/10.3382/ps.2012-02228)
- Dalgaard T, Briens M, Engberg R, Lauridsen C. 2018. The influence of selenium and selenoproteins on immune responses of poultry and pigs. *Animal Feed Science and Technology*. 238:73-83. DOI: [10.1016/j.anifeedsci.2018.01.020](https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2018.01.020).
- Decker E, Park Y. 2010. Healthier meat products as functional foods. *Meat Science*. 86(1): 49-55. DOI: [10.1016/j.meatsci.2010.04.021](https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2010.04.021)
- Del Puerto M, Cabrera M, Saadoun A. 2017. A Note on Fatty Acids Profile of Meat from Broiler Chickens Supplemented with Inorganic or Organic Selenium. *International Journal of Food Science*. ID 7613069. DOI: [10.1155/2017/7613069](https://doi.org/10.1155/2017/7613069).
- Descalzo A, Sancho A. 2008. A review of natural antioxidants and their effects on oxidative status, odor and quality of fresh beef produced in Argentina. *Meat Science*. 79(3): 423-436. DOI: [10.1016/j.meatsci.2007.12.006](https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2007.12.006)

- Diplock A, Aggett P, Ashwell M, Bornet F, Fern E, Roberfroid M. 1999. Scientific concept of functional foods in Europe. Consensus document. British Journal Nutrition. 81: S1-S27. DOI:[10.1017/s0007114599000471](https://doi.org/10.1017/s0007114599000471)
- Dlouha S, Sevcikova A, Dokoupilova Zita L, Heindl J, Skri-van M. 2008. Effect of dietary selenium source on growth performance, breast muscle selenium, glutathione peroxidase activity and oxidative stability in broilers. Journal Animal Science. 53(6): 265-269 DOI: [10.17221/361-CJAS](https://doi.org/10.17221/361-CJAS)
- Dyall S. 2017. Interplay Between n-3 and n-6 Long-Chain Polyunsaturated Fatty Acids and the Endocannabinoid System in Brain Protection and Repair. Lipid Research. 52(11):885-900. DOI: [10.1007/s11745-017-4292-8](https://doi.org/10.1007/s11745-017-4292-8)
- Echenique A, Repiso L, Capra G. 2009. Composición química y calidad sensorial de jamones curados provenientes de cerdos alimentados con una dieta rica en ácido oleico y pasturas. Revista del Laboratorio Tecnológico del Uruguay. 4: 28-32. DOI: <https://doi.org/10.26461/04.06>
- Eder K. 1995. Gas chromatographic analysis of fatty acid methyl esters. Journal of Chromatography B: Biomedical Sciences and Applications. 671(1-2): 113–131. [https://doi.org/10.1016/0378-4347\(95\)00142-6](https://doi.org/10.1016/0378-4347(95)00142-6)
- FAO (Food and Agriculture Organization). 2020. Perspectivas alimentarias – Resúmenes de Mercado Junio 2020. [En línea] 26 agosto 2021. <https://www.fao.org/documents/card/es/c/cb0606es/>
- FAO-WHO. 2010. Fats and fatty acids in human nutrition. Rome: FAO Food and nutrition paper # 91. Report of an expert consultation. Geneva, November 10-14, 2008. [En línea] 29 marzo 2022. <https://www.fao.org/publications/card/es/c/8c1967eb-69a8-5e62-9371-9c18214e6fce/>
- Fernández M, Ordóñez J, Cambero I, Santos C, Pin C, De la Hoz L. 2007. Fatty acid compositions of selected varieties of Spanish dry ham related to their nutritional

- implications. Food Chemistry, 101(1): 107–112. DOI: [10.1016/j.foodchem.2006.01.006](https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2006.01.006)
- Folch J, Lees M, Sloane-Stanley G. 1957. A simple method for the isolation and purification of total lipides from animal tissues. Journal of Biological Chemistry. 226(1): 497-509. [https://doi.org/10.1016/S0021-9258\(18\)64849-5](https://doi.org/10.1016/S0021-9258(18)64849-5)
- González F, Visentin S. 2016. Micronutrients and neurodevelopment: An update. Archivos Argentinos de Pediatría. 114(6):570-575. DOI: [10.5546/aap.2016.eng.570](https://doi.org/10.5546/aap.2016.eng.570)
- Haug A, Nyquist N, Thomassen M, Høstmark A, Østbye T. 2014. N-3 fatty acid intake altered fat content and fatty acid distribution in chicken breast muscle, but did not influence mRNA expression of lipid-related enzymes. Lipids in Health and Disease. 13:92-102.
- Howlett J. 2008. Functional foods from science to health and claims. Europe Concise monograph series. ILSI Press. ISBN 9789078637110. 5 pp.
- Ichihara K, Shibahara A, Yamamoto K, Nakayama T. 1996. An improved method for rapid analysis of the fatty acids of glycerolipids. Lipids. 31(5): 535-539. DOI: [10.1007/BF02522648](https://doi.org/10.1007/BF02522648)
- Ichihara K, Yamaguchi C, Araya Y, Sakamoto A, Yoneda K. 2010. Preparation of fatty acid methyl esters by selective methanolysis of polar glycerolipids. Lipids. 45(4):367-374. DOI: [10.1007/s11745-010-3404-5](https://doi.org/10.1007/s11745-010-3404-5)
- INAC (Instituto Nacional de Carnes). 2015. Producción [En línea]. En: Principales indicadores y determinantes del consumo de carne en Uruguay - cierre 2015 y 10 años. 5 pp. Consultado 20 agosto 2021. Disponible en: <https://www.inac.uy/innovaportal/file/13087/1/cierre-2015-consumo.pdf>
- INAC (Instituto Nacional de Carnes). 2020. Producción [En línea]. En: Consumo de carnes en Uruguay – Informe 2020. 1 pp. Consultado 20 agosto 2021. Disponible en: <https://www.inac.uy/innovaportal/file/18275/1/cierre-del-consumo-de-carnes.pdf>

- Insani E, Eyherabide A, Grigioni G, Sancho A, Pensel N, Descalzo A. 2008. Oxidative stability and its relationship with natural antioxidants during refrigerated display of beef produced in Argentina. *Meat Science*. 79(3): 444-452. DOI: [10.1016/j.meatsci.2007.10.017](https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2007.10.017)
- Korniluk K, Gabryszuk M, Kowalczyk J, Czauderna M. 2008. Effect of diet supplementation with selenium, zinc and α -tocopherol on fatty acid composition in the liver and loin muscle of lambs. *Animal Science Papers and Reports*. 26 (1): 59–70.
- Labrousse V, Leyrolle Q, Amadiou C, Layé S. 2018. Dietary omega-3 deficiency exacerbates inflammation and reveals spatial memory deficits in mice exposed to lipopolysaccharide during gestation. *Brain Behavior and Immunity*. 73:427-440. DOI: 10.1016/j.bbi.2018.06.004
- Latimer, G 2019. Official Methods of Analysis of AOAC International; AOAC International: Gaithersburg, MD, USA, 2019. 21th edition.
- Li J, Zhou J, Zhao H, Lei X, Xia Z, Gao G, Wang K. 2011. Enhanced water-holding capacity of meat was associated with increased Sepw1 gene expression in pigs fed selenium-enriched yeast. *Meat Science*. 87(2):95–100. DOI: [10.1016/j.meatsci.2010.05.019](https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2010.05.019)
- Li Y, Liu S. 2012. Reducing lipid peroxidation for improving colour stability of beef and lamb: on-farm considerations. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 92(4):719-726. DOI: [10.1002/jsfa.4715](https://doi.org/10.1002/jsfa.4715)
- Lisiak D, Janiszewski P, Blicharski T, Borzuta K, Grześkowiak E, Lisiak B. 2014. Effect of selenium supplementation in pig feed on slaughter value and physicochemical and sensory characteristics of meat. *Annals of Animal Science*. 14 (1):213-22. DOI: 10.2478/aoas-2013-0063
- Liu M, Sun H, Jose C, Murray A, Sun Z, Briegel J, Jacob R, Tan Z. 2011. Phenotypic blood glutathione concentration and selenium supplementation interactions on

- meat colour stability and fatty acid concentrations in Merino lamb. *Meat Science* 87:130-139. DOI: [10.1016/j.meatsci.2010.09.011](https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2010.09.011)
- Lynch S, Frei B. 1993. Mechanisms of copper- and iron-dependent oxidative modification of human low-density lipoprotein. *Journal of Lipid Research*. 34(10): 1745-1751.
- Márquez A. 2013. Metabolismo de acil-CoA y acil-ACP en girasol. Tesis doctoral. España. Universidad de Sevilla. Facultad de Biología. 19 p.
- Mernies B, Carballo C, Cabrera C, Barlocco N, Saadoun A. 2012. Ácidos grasos del músculo Longissimus dorsi de cerdos Pampa Rocha y cruza con razas Duroc y Large White. *Veterinaria*. Vol. Especial. IV Congreso Asociación Uruguaya de Producción Animal. 123 p.
- Murakami K, Sasaki S, Takahashi Y, Uenishi K, Watanabe T, Kohri T, Yamasaki M, Watanabe R, Baba K, Shibata K, Takahashi T, Hayabuchi H, Ohki K, Suzuki J. 2008. Lower estimates of δ -5 desaturase and elongase activity are related to adverse profiles for several metabolic risk factors in young Japanese women. *Nutrition Research*. 28(12): 816-824. DOI: [10.1016/j.nutres.2008.08.009](https://doi.org/10.1016/j.nutres.2008.08.009)
- Navarro M, López M. 2001. Essentiality of selenium in the human body: relationship with different diseases. *The science of the total environment*. 249(1-3): 347-371. DOI: [10.1016/S0048-9697\(99\)00526-4](https://doi.org/10.1016/S0048-9697(99)00526-4)
- Nuernberg K, Kuechenmeister U, Kuhn G, Nuernberg G, Winnefeld K, Ender K, Cogan U, Mokady S. 2002. Influence of dietary vitamin E and selenium on muscle fatty acid composition in pigs. *Food Research International*. 35(6): 505–510. DOI: [10.1016/S0963-9969\(01\)00148-X](https://doi.org/10.1016/S0963-9969(01)00148-X)
- OCDE-FAO (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos - Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). 2020. Producción [En línea]. En: *Perspectivas Agrícolas 2020-2029*. Consultado 15 agosto 2021. Disponible en: <https://www.fao.org/publications/card/es/c/CA8861ES/>

- Okada T, Furuhashi N, Kuromori Y, Miyashita M, Iwata F, Harada K. 2005. Plasma palmitoleic acid content and obesity in children. *The American Journal of Clinical Nutrition*. 82(4): 747-750. <https://doi.org/10.1093/ajcn/82.4.747>
- Olmedilla B, Jiménez F, Sánchez F. 2013. Development and assessment of healthy properties of meat and meat products designed as functional foods. *Meat Science*. 95(4): 919-30. DOI: [10.1016/j.meatsci.2013.03.030](https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2013.03.030)
- Olmedilla B, Jiménez F. 2014. Alimentos cárnicos funcionales; desarrollo y evaluación de sus propiedades saludables. *Nutrición Hospitalaria*. 29(6): 1197-1209. ISSN 1699-5198.
- Praagman J, Beulens J, Alsema M, Zock, P, Wanders A, Sluijs I, Schouw V. 2016. The association between dietary saturated fatty acids and ischemic heart disease depends on the type and source of fatty acid in the European Prospective Investigation into Cancer and Nutrition-Netherlands cohort. *American Journal of Clinical Nutrition*. 103(2): 356-65. DOI: [10.3945/ajcn.115.122671](https://doi.org/10.3945/ajcn.115.122671)
- Procisur - IICA, 2014. Caracterización del valor nutricional de alimentos. Montevideo, Uruguay. ISBN: 978-92-9248-572-6.
- Quisirumbay J, Vélchez C. 2019. Metaanálisis: efecto de la suplementación dietaria de selenio en la concentración tisular en cerdos. *Scientia Agropecuaria* 10(3): 369-375. DOI: [10.17268/sci.agropecu.2019.03.07](https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2019.03.07)
- Ramos D. 2008. Caracterización de la canal y la carne del cerdo criollo y de los productos cárnicos en el departamento de Tumbes-Perú. Tesis doctoral. Perú. Universidad de León. Facultad de Veterinaria. 159 p.
- Rivero J, Rodríguez-Estévez V, Pietrosemoli S, Carballo C, Cooke AS, Kongsted A. 2019. Forage Consumption and Its Effects on the Performance of Growing Swine- Discussed in Relation to European Wild Boar (*Sus scrofa* L.) in Semi-Extensive Systems: A Review. *Animals (Basel)*. 9(7):457. DOI: [10.3390/ani9070457](https://doi.org/10.3390/ani9070457)

- Saadoun A, Cabrera M. 2016. Calidad nutricional de la carne bovina: desde la oxidabilidad hasta el valor salud. Archivos Latinoamericanos de Producción Animal. 24(4): 2016. ISSN-e 1022-1301
- Saadoun A, Cabrera M. 2019. A review of productive parameters, nutritive value and technological characteristics of farmed nutria meat (*Myocastor coypus*). Meat Science. 148: 137-149. DOI: [10.1016/j.meatsci.2018.10.006](https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2018.10.006)
- Saadoun A. 2014. Nuevos enfoques de la importancia de los ácidos grasos de la carne aviar en la salud humana. Revista Cubana de Ciencia Agrícola. 48(1): 59-61.
- Sang-Keun J, Il-Suk K, In-Chul H, Seung-Youn C, Ki-Ok Y, Jin-Gun K, Suk-Nam K. 2009. Effect of feeding complex of wild chrysanthemum powder, probiotics and selenium on meat quality in finishing porks. Korean Journal of Food Science and Animal Resources. 29(1): 114-120.
- Schäfer K, Kyriakopoulos A, Gessner H, Grune T, Behne D. 2004. Effects of selenium deficiency in fatty acid metabolism in rats fed fish oil-enriched diets. Journal of Trace Elements in Medicine and Biology. 18(1) 89–97. DOI: [10.1016/j.jtemb.2004.03.003](https://doi.org/10.1016/j.jtemb.2004.03.003)
- Schmitz G, Ecker J. 2008. The Opposing Effects of n-3 and n-6 Fatty Acids. Lipid Research. 47: 147-155. <https://doi.org/10.1016/j.plipres.2007.12.004>
- Scollan N, Price E, Morgan S, Huws S, Shingfield K. 2017. Can we improve the nutritional quality of meat? Published online by Cambridge University Press: 25. 76(4): 603-618. DOI: <https://doi.org/10.1017/S0029665117001112>
- Simopoulos A. 2008. The importance of the omega-6/omega-3 fatty acid ratio in cardiovascular disease and other chronic diseases. Experimental Biology and Medicine. 233(6): 674-688. DOI: [10.3181/0711-MR-311](https://doi.org/10.3181/0711-MR-311)
- Skrivanova E, Marounek M, De Smet S. 2007. Influence of dietary selenium and vitamin E on quality of veal. Meat Science. 76(3): 495–500. DOI: [10.1016/j.meatsci.2007.01.003](https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2007.01.003)

- Solovyev D. 2015. Importance of selenium and selenoprotein for brain function: From antioxidant protection to neuronal signaling. *Journal of Inorganic Biochemistry*. 153: 1-12. DOI: [10.1016/j.jinorgbio.2015.09.003](https://doi.org/10.1016/j.jinorgbio.2015.09.003)
- Soxhlet F. 1879. Die gewichtsanalytische Bestimmung des Milchfettes. *Dingler's Polytechnisches Journal*. 232: 461-465.
- Terevinto A, Ramos A, Castroman G, Cabrera MC, Saadoun A. 2010. Oxidative status in vitro iron induced lipid oxidation and superoxide dismutase, catalase and peroxidase activities in Rhea meat. *Meat Science*. 84(4): 706-710. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2009.11.007>
- Toldrá F, Reig M. 2011. Innovations for Healthier Processed Meats. *Trends in Food Science and Technology*. 22(9): 517-522. DOI: [10.1016/j.tifs.2011.08.007](https://doi.org/10.1016/j.tifs.2011.08.007)
- Ulbricht T, Southgate T. 1991. Coronary heart disease: seven dietary factors. *The Lancet*, 338(8773): 985–992. DOI: [10.1016/0140-6736\(91\)91846-m](https://doi.org/10.1016/0140-6736(91)91846-m)
- Warensjö E, Sundström J, Vessby B, Cederholm T, Risérus U. 2008. Markers of dietary fat quality and fatty acid desaturation as predictors of total and cardiovascular mortality: a population-based prospective study. *American Society for Nutrition*. 88(1):203–9. DOI: [10.1093/ajcn/88.1.203](https://doi.org/10.1093/ajcn/88.1.203)
- Wood J, Lister D. 1973. The Fatty Acid and Phospholipid Composition of Longissimus dorsi Muscle from Pietrain and Large White Pigs. *Journal of Science Food Agricultural*. 24(11): 1449-1456. DOI: [10.1002/jsfa.2740241116](https://doi.org/10.1002/jsfa.2740241116)
- Wood J, Richardson R, Nute G, Fischer A, Campo M, Kasapidou E, Sheard P, Enser M. 2004. Effects of fatty acids on meat quality: A review. *Meat Science*. 66(1): 21–32. DOI: [10.1016/S0309-1740\(03\)00022-6](https://doi.org/10.1016/S0309-1740(03)00022-6)
- Yu L, Wang R, Zhang Y, Kleemann D, Zhu X, Jia Z. 2008. Effects of selenium supplementation on polyunsaturated fatty acid concentrations and antioxidant status in plasma and liver of lambs fed linseed oil or sunflower oil diets. *Animal*

Feed Science and Technology. 140(1):39-51. DOI:
[10.1016/j.anifeedsci.2007.02.003](https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2007.02.003)

Zhang W, Xiao S, Samaraweera H, Lee E, Ahn D. 2010. Improving functional value of meat products. Meat Science. 86(1): 15-31. DOI: [10.1016/j.meatsci.2010.04.018](https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2010.04.018)

6. ANEXOS

6.1. ARTÍCULO CIENTÍFICO

Implication of selenium, organic and inorganic, on fatty acids composition and oxidation resistance in the muscle *Longissimus thoracis* of the Pampa Rocha pig

Research Article

Nandy Espino*^{1,2}, Ana Laura Vodanovich¹, Cecilia Carballo¹, Alejandra Terevinto¹, María Cristina Cabrera^{1,2}, Ali Saadoun¹.

¹ Departamento de Producción Animal y Pasturas. GD Nutrición y Calidad de Alimentos y Productos. Laboratorio Calidad de Alimentos & Productos, Facultad de Agronomía, Montevideo, Uruguay.

² Sección Fisiología & Nutrición, Instituto de Biología, Facultad de Ciencias, Montevideo, Uruguay.

*Corresponding author. Av. Eugenio Garzón 780, CP12900, Montevideo, Uruguay.
espinonandy@gmail.com

ABSTRACT

Pampa Rocha pigs raised outdoors, fed on grain and pasture were supplemented from 90 to 180 days with organic or inorganic selenium (Se). The effect of Se was studied in fresh and preserved *longissimus thoracis* (LT) muscle. In the total fatty acid (FA) fraction, Se in its inorganic form favored the content of C14:0 and C16:0 (atherogenic FA) in preserved muscle and decreased the proportion of C18:0 in fresh and preserved muscle. The process (fresh-preserved) affected the content of some FA, the content of C14:0, C16:0 and C18:2n-6 increased and the content of C18:2n-6 decreased in preserved muscle with respect to fresh muscle. No effect of diet was found on the FA content in the polar fraction. However, a higher proportion of C14:0, C18:1 and C22:4n-6 was found in this fraction in the preserved muscle, and a higher proportion of C18:2n-6 in the fresh. The atherogenic index in preserved samples from animals supplemented with inorganic Se was higher with respect to the rest of the diets and the n6/n3 ratio was higher in preserved LT with respect to fresh LT. Preserved samples showed higher lipid oxidation than fresh samples ($p < 0.0001$) for all diets. Pastures provide a certain amount of Se, which could be masking the effect observed in other studies of this mineral on the fatty acid composition of the meat, as well as the antioxidant effect. It is possible that the main difference between those studies and the present one lies in the use of pasture as part of the feed made available to the animals, which would lead one to think that in these animals under these feeding conditions, supplementation with Se would not be necessary and would not provide any extra benefit. However, in order to be able to affirm this, more research is needed.

Keywords: Selenium, fatty acids, meat quality, lipid oxidation, Pampa pig

1. INTRODUCTION

World meat consumption was estimated for 2019/20 at 333 million tons, with pork being the meat with the highest consumption values after poultry meat (FAO, 2020). Pork meat constitutes an important part of the human diet, being one of the main sources of proteins characterized as having a high biological value due to its content in essential amino acids (Scollan et al., 2017) and of great importance due to its content in fatty acids (FA) of interest for health, highlighting linoleic acid (LA) and linolenic acid (ALA) being both essential for humans (Mernies et al., 2012).

Important changes in consumption habits are taking place, driven by the continuous emergence of scientific evidence attesting how some chronic diseases (atherosclerosis, type 2 diabetes, obesity, etc.) are influenced by diet. In this sense, there is a continuous advance in the development of foods, highlighting functional foods (Olmedilla and Jiménez, 2014). At the level of animal production practices exists the opportunity to condition the composition of animal tissues; in the case of pigs, dietary manipulation is very effective to increase the levels of bioactive compounds beneficial to health and consequently reduce the risk of cardiovascular and other chronic diseases (Bones et al., 2014, Olmedilla et al., 2013).

FA are molecules of great importance from a metabolic point of view (Saadoun, 2014); likewise. They are responsible for many desirable characteristics of meats, influencing flavor and aroma and contributing to tenderness and juiciness (Amaral et al., 2018). The content and identity of FA in meat depends in part on endogenous FA metabolism, where desaturase, elongase and thioesterase enzymes play an important role; but, in addition, they are strongly influenced by animal feed and breed. Meat from pasture-fed pigs supplemented with grain contains a higher content of n-3 PUFA and a better n6/n3

ratio compared to meat from animals fed only grain (Basso et al., 2007); this is maintained when Mernies et al. (2012) analyze meat Pampa Rocha (PR) rustic pigs fed pasture and grains, but additionally find that the content of atherogenic FA (myristic and palmitic acids) is lower in these animals, resulting in a benefit for human health. Due to the relationship between fat intake in general and the implication of some meat FA in particular and atherogenic diseases, product preference and acceptability for some consumers is strongly dependent on FA composition (Saadoun and Cabrera, 2019).

The oxidation process is a challenge for both the industry and the consumer because of its implication on the depreciation in nutritional value, physical and sensory quality of meat. In animal nutrition, supplementation with Se as an antioxidant is one of the most widely used dietary interventions, with two main sources, organic and inorganic. In addition to its effect as an antioxidant, several authors have shown that Se has an interesting interaction with lipid metabolism that could modify the qualitative and quantitative partitioning, in muscle tissues, of different classes of lipids such as triglycerides, esterified and free cholesterol, and phospholipids, as well as the composition in FA. Calvo et al. (2017a) demonstrated increased post-mortem lipase activity in animals supplemented with Se and Schäfer et al. (2004) found working with rats that a Se deficiency can interfere with the normal conversion of ALA to EPA and DHA, which may result in an increased n-6/n-3 ratio in the liver of these animals.

In this sense, the main objective of this work was to evaluate the effect of dietary supplementation of PR pigs with organic and inorganic Se, from 90 to 180 days of age in an outdoor production system, on the composition of the FA (total FA and FA in polar fraction) that form part of the *Longissimus thoracis* (LT) muscle and on its resistance to oxidation.

2. MATERIAL AND METHODS

2.1 Animals and Experimental Conditions

Twenty-four castrated male pigs of the PR breed obtained from an outdoor production system (Swine Production Unit, Centro Regional Sur, Facultad de Agronomía, Uruguay) were used in this study. The entire experiment was carried out with the approval of the Animal Ethics Committee of the Faculty of Agronomy (CEUA, file N° 021130-001003-16) under the Honorary Commission of Animal Experimentation (CHEA-Udelar, Uruguay).

Throughout their productive cycle, the animals were housed in field shelters, with feeders (one feeder every two animals) and automatic waterers for water supply. The animals were weaned at 45 days, at 83 ± 4 days they were assigned to the experimental finishing treatments, responding to supplementation with different sources of Se (organic: Seleno-methionine hydroxy-analogue, and inorganic: Sodium Selenite). The experimental treatments were: a) concentrate without Se supplementation (Control, C), b) concentrate supplemented with organic Se (SO) and c) concentrate supplemented with inorganic Se (SI).

During the growing-fattening period, the animals had free access to a first year sown pasture composed of *Trifolium repens* (58.3 % dry basis), *Trifolium pretense* (38.94 % dry basis), *Cichorium intybus* (0.76 % dry basis) and others (Weeds, 2 % dry basis) and were fed concentrate according to their live weight. The chemical composition of the experimental diet can be seen in Table 1, to correct the supply of concentrate, biweekly weighings were carried out, assuming the same daily growth rate of the animals for the

period between weighings, in addition, a restriction of 15 % of the supply was considered with the objective of encouraging the consumption of pasture.

Eight animals per treatment were used, the experimental design was a completely randomized block design with two blocks formed by contemporary animals. The three treatments were present in each block and each treatment/block had four animals. The blocks were 4500 m² and each treatment/block had an area of 1500 m² divided between the service area and the grazing area.

The animals were slaughtered at 182 ± 4 days of age, with an average weight of 95.75 ± 6 kg, in a commercial slaughterhouse according to MGAP regulations, Uruguay. After slaughter, LT muscle (between the 10th to the 12th rib) was immediately removed and transferred refrigerated to the laboratory for subsequent analysis. At 24 hours post mortem, the muscle was divided into two equal parts, one was immediately frozen at -20 °C (fresh samples) and the other was kept at 1-2 °C under vacuum for seven days and then stored at -20 °C until the time of analysis (preserved samples).

2.2 Selenium content in fresh and preserved LD

About 10 g of each sample were weighed and placed in an oven at 105 °C for 48 hours. Then they were incinerated at 580 °C for 48 hours. The ashes obtained were dissolved on a hot plate at sub-boiling temperature in a solution of 2 ml of 6N hydrochloric acid and 2 ml of 1N distilled nitric acid. The residue was filtered and taken to a 25 ml flask where it was made up to volume with 18 Ohms deionized water. Total Se was determined by atomic absorption spectrophotometry and graphite furnace (Perkin Elmer, Analyst 300), using palladium-based matrix modifiers (Cabrera et al., 2010). The result was expressed as mg Se/kg of meat.

2.3 Lipid Extraction

Lipid extraction was performed following the technique of Folch et al. (1957). Approximately 2 g of each sample (fresh LT and preserved LT) were used and homogenized in a solution of chloroform and methanol (2:1). The homogenized substance was filtered with a fritted funnel of medium granulation (number 3). The filtrate was placed in a decanting vial, 25 ml of NaCl solution was added; to promote phase separation it was allowed to stand for 24 hours and then the chloroform and lipid phase was collected in glass beakers. The chloroform was evaporated in an IKA Basic rotary evaporator and the balloons were placed in an oven for complete drying (30 min at 35 °C). The percentage of lipids in the sample was determined to 0.0001 g with a precision balance.

2.4 Methylation and quantification of total FA

Methylation of FA was performed following the technique of Ichihara et al. (1996), the extracted lipids were dissolved in hexane and 40 mg samples were taken. 2 ml of hexane and 4 ml of 2M KOH were placed in methylation tubes, vortexed and then centrifuged for 10 min. Finally, the supernatant was injected into the Clarus 500 split/splitless chromatograph (Perkin Elmer Instruments, USA) for gas chromatography, following the procedure of Eder (1995). A 100 m fused silica capillary column CPSIL-88 and an initial temperature of 90 °C was used for 1 min, then the temperature was increased to 180 °C and maintained for 10 min and finally the temperature was raised to 225 °C and maintained for 15 min. Injector and detector were maintained at the temperature of 250 °C. Individual FA methylated esters were quantified as a percentage of the total methylated FA esters detected.

2.5 Methylation and Quantification of FA in the Polar Fraction

Methylation of FAs was performed following the technique of Ichihara et al. (2010), the extracted lipids were dissolved in hexane and 40 mg samples were taken. In methylation tubes, 2 ml of hexane and 3 ml of a 70 % KOH 2M – 30 % water solution were placed, heated for 5 min in a water bath at 30 °C and then vortexed for 2.5 min. They were centrifuged at room temperature for 10 min. The rest of the procedure is identical to the procedure followed for the determination of total FA (point 2.4).

2.6 Activity Index of Δ -9 Desaturase, Elongase and Thioesterase Enzymes in Total FA and in FA of the Polar Fraction

The activity of these enzymes was estimated through the ratio between the amount of specific substrate and the product corresponding to each enzyme. The method of Dal Bosco et al. (2012) was followed for the calculation of Δ -9-desaturase activity, the ratios calculated was C16:1n-7 to C16:0 and C18:1n-9 to C18:0 and then their sum were performed. To estimate elongase activity, the method of Okada et al. (2005) was followed through the C18:0 to C16:0 ratio; and to estimate thioesterase activity, the ratio of C16:0 to C14:0 was calculated (Haug et al., 2014).

2.7 Calculation of Lipid and Health Indexes

In each sample, fresh LT and preserved LT, atherogenicity index (AI), thrombogenicity index (TI) and hypocholesterolemic/hypercholesterolemic ratio (h/H) were calculated according to Del Puerto, Cabrera and Saadoun (2017) from previously quantified FA.

2.8 Lipid Oxidation by the TBARS Method

Thiobarbituric acid reactive species were quantified following the method of Lynch and Frei (1993) adapted by Terevinto et al. (2010). Approximately 5 g of each sample was used, homogenized with 100 ml of a KCl + EDTA buffer solution and 1 ml of BHT. 30 ml of the extraction solution was centrifuged for 10 min at 4 °C. 1 ml of the supernatant was removed and placed in a glass tube, 1 ml of TBA-TCA solution was added and the “white solution” was prepared with 1 ml of KCl + EDTA. The tubes were placed in boiling water for 30 min and then placed on ice for 5 min to stop the reaction. They were waited 45 min at room temperature and 3 ml of n-butanol was added to each tube, then vortexed and centrifuged. Finally, the supernatant was removed and placed in the spectrophotometer to measure absorbance at 535 nm. Malondialdehyde acid (MDA; secondary product of lipoperoxidation) was quantified and the results were expressed as mg MDA/kg meat.

2.9. Extraction of Lipids in Pasture and Concentrate

The extraction was carried out using the Soxhlet technique (1879), using hexane as the extracting solvent. Between 4 and 6 g of the dry sample were weighed and wrapped in filter paper and placed in the Soxhlet apparatus. On the other hand, the hexane solvent was placed in a balloon and heated to boiling point, the solvent evaporated and condensed in the upper part of the apparatus, the condensate falls on a container containing the filter paper with the samples inside, the solvent covers the filter paper up to a certain point where reflux occurs and returns the solvent with the extracted material to the balloon. The process is repeated, generally between 11 and 12 times per hour, for 4 hours so that all the lipids have been extracted from the sample.

2.10. Methylation and Quantification of Total FAs

For this point, the same procedure explained in points 2.4. was carried out.

2.11. Selenium Content in Pastures and Concentrate

Two g of each sample (pasture and concentrate) were weighed and the same procedure as in point 2.2. was carried out.

2.8 Statistical Analysis

Data are presented as mean $\pm$ SEM. The results were analyzed by repeated measures ANOVA with the main effect of diet type and process (fresh-preserved) as a repeated measure. The significance level was $p < 0.05$. The difference between means was analyzed with the Tukey-Kramer test ($p < 0.05$). NCSS 2019 software was used.

3. RESULTS AND DISCUSSION

3.1 Selenium Content in Fresh and Preserved LD Muscle

Se supplementation had an effect on Se content in fresh and preserved LT muscle only when the inorganic source was used ($p < 0.001$), with Se incorporation being higher in samples from animals supplemented with SI with respect to samples from animals fed the basal diet (C), both for fresh and preserved samples, being higher by 0.15 and 0.11 mg Se/kg of meat, respectively. No effect of the process (fresh/preserved) was found on the incorporation of Se in LT muscle (Table 4).

These results contradict with several works reported in the literature for pork, where a higher enrichment with Se is observed when organic sources are used (Calvo et al., 2017a, Lisiak et al., 2014), where these authors explain their results by appealing to differences in the metabolic pathways of absorption and deposition of both Se sources. It is important to note that for this work a significant variability can be observed in the data (SEM) that could have conspired against a possible effect of the organic how inorganic source. In fact, in a meta-analysis performed on the effect of dietary supplementation with Se on tissue concentration in pigs, it shows that Se concentration varies according to tissue, inorganic Se caused higher concentration in kidney, while the organic source increased the concentration in muscle and liver. However, it shows that this effect was not consistent among the studies and concludes that Se concentration is affected by the number of animals per experimental unit, by the number of replicates, as well as by the individuals sampled and the level of Se supplemented (Quisirumbay and Vílchez, 2019).

In addition, it is also important to highlight that the animals used in this work have pastures as part of their diet, and that these incorporate in all dietary treatments a basal level of Se (Table 2), which would imply that the animals do not start from a diet deficient in Se (as seen in other works), this could be masking effects and differences between treatments. In order to affirm this, pasture consumption data should be available, so it is pending for future research.

3.2 Total Fatty Acids and Enzyme Activity Indices

The FA found in greater proportion were C16:0, C18:0, C18:1 and C18:2n6, with average values of 27.35, 14.52, 44.52 and 6.53 %, respectively (Table 5). These values

correspond to the values of FA found in greater proportion in pasture and concentrate (Table 3), showing the strong incidence of the composition of dietary FA in the composition of total FA in the muscle of monogastric animals.

On the other hand, Se supplementation did not affect PUFA content (Table 5), these data are coincident with those found by Calvo et al. (2017a) studying pork meat supplemented with Se (0.4 ppm) in its different sources; likewise, it also coincides with what was found by other authors working with other species (Liu et al., 2011; Skrivanova et al., 2007). However, they contradict with what was reported by Del Puerto et al. (2017), who demonstrated that supplementation with SO and SI in broiler diets increases some beneficial PUFA such as C18:3n-3, although this effect was seen specifically in the Gastrocnemius muscle, not so in the Pectoralis; which could imply that Se would have an effect on these PUFA not only depending on the type of muscle but also on the animal species. Reaffirming the latter Calvo et al. (2017b) demonstrated that muscle pH could be affecting or modulating the effect of Se on meat quality, which would lead to explain certain differences between species.

SI supplementation appears to have favored C14:0 and C16:0 content in preserved muscle with respect to SO and C, which is consistent with that reported by Calvo et al. (2017a). These results could be of relevance, since inorganic Se would seem to be affecting only these FA (C14:0 and C16:0), known for their atherogenic effect, promoters of certain cardiovascular diseases (Praagman et al., 2016).

The effect of diet on C18:0 was also found, in this case both in fresh and preserved muscle, being found in greater proportion in the LT of animals fed diet C and supplemented with SO with respect to animals supplemented with SI. Contrarily, Calvo et al. (2017a) reported lower proportion of C18:0 in meats from animals supplemented

with SO and explain their results by the increased activity of the Δ -9 desaturase enzyme in the diet with SO, which also contradicts with what was found in this work (Table 6), which would explain the lower C18:0 ratio found in this work.

The process (fresh-preserved), C14:0 and C16:0 were found in greater proportion in the preserved muscle. The C18:0 was observed in greater proportion in fresh muscle with respect to preserved muscle. While, in reference to essential PUFA for humans, an effect on C18:2n-6 was found, with an average of 0.73 % more observed in preserved muscle with respect to fresh.

It is important to mention that no significant differences were found for the composition of FA between the C vs. SO diet in both fresh and preserved samples (Table 5), an important fact to highlight since it indicates that the differences found lie in the source of the Se beyond the supplementation, evidently observing an effect of the inorganic source, mainly in the preserved samples.

3.3. Polar Fraction Fatty Acids and Enzymatic Activity Indices

Se supplementation on the composition of FA in phospholipids had no significant effects (Table 7), which agrees with the results obtained for the activity indices of Δ -9 desaturase, elongase and thioesterase enzymes for the different types of diet, where no significant differences were found (Table 8). These results are in contradiction with what has been reported by some authors (Nuernberg et al., 2002, Calvo et al., 2017a).

Effect of the process was found on some FA in the polar fraction, reporting a higher proportion of C14:0, C18:1 and C22:4n-6 in the preserved muscle with respect to fresh muscle, on average being higher by 0.62, 2.45 and 0.69 %, respectively. The increase in greater proportion was in the C18:1 FA which could be explained by the significant

increase in the activity of the Δ -9 desaturase enzyme (Table 8). On the other hand, a lower proportion of C18:2n-6 was found in the preserved samples, which could be explained by the degradation of PUFA by the oxidative process, which is significant with respect to the fresh samples (Table 10). However, this explanation would not be valid to explain the increase observed for C20:4n6 PUFA in preserved samples compared to fresh samples. The opposite ratio observed between these FA, both PUFA, in preserved meat deserves further investigation in future research.

3.4. Lipid and Health Indices

As shown in Table 9, the effect of dietary supplementation was found, as well as the effect of processing (fresh/preserved). With respect to the latter, only the effect on the n-6/n-3 ratio was found, which was greater in the preserved muscle; this result could be explained by the greater proportion of C18:2n6 found in the preserved muscle with respect to the fresh muscle (Table 5). The fact that there is a greater n-6/n-3 ratio implies an unfavorable point from the point of view of human health, since it has been demonstrated that a diet with a low n-6/n-3 ratio reduces the risk of cardiovascular diseases (Belsey, 2008). Even so, it is important to note that the n-6/n-3 values for all samples are not undesirable values since they are within the range recommended by FAO-WHO (2010), between 2 and 8.

Referring to of diet, an effect on AI was found in the preserved samples from animals supplemented with inorganic Se. Previously, when discussing the Table of total FA based on the effect of the diet, it was possible to see in the preserved samples a little positive effect due to the source of inorganic Se, which is directly related to the values of FA of the preserved samples (Table 9), where the FA is higher in the samples

supplemented with SI in relation to SO or C, explained by the increase in C14:0 and C16:0 in the preserved samples of the SI treatment (Table 5), FA that promote cardiovascular diseases.

3.5. Lipid Oxidation

The preserved samples showed higher lipid oxidation (on average, 0.125 mg MDA/kg of sample) than the fresh samples ($p < 0.0001$). Even so, it is important to emphasize that all the values remain below 2 mg MDA/kg of sample, a value that corresponds to the maximum acceptable level of lipid oxidation in meat products for human consumption (Campo et al., 2006).

No effect of diet on lipid oxidation was observed for either fresh or preserved samples (Table 10). It exists several contradictory reports in the literature, where some have reported little or no effect of organic Se in improving oxidative stability (Calvo et al., 2017a, Nuernberg et al., 2002) and others report a noticeable effect of Se use (especially organic) on oxidative stability of meat (Li et al., 2011).

There are reports showing that Se exerts an effect on GPx and, therefore, on the antioxidant capacity of meats only when the diet is deficient in Se (Alberro 2013, Li et al., 2011). In view of this, it is important to note that in all previous works, where a positive effect of Se was found improving the oxidative status of meats, the animals were fed on grain, not consuming pastures. Pastures make an important contribution of Se (Table 2) and, possibly, also natural antioxidants, which could be reducing or annulling the effect of Se supplementation; however, further research is needed to be able to affirm this.

4. CONCLUSION

Pampa Rocha pork meat was enriched with inorganic Se. The process had no effect on Se incorporation.

It is important to pay attention to the effect of inorganic Se in the preserved samples, where an increase in the ratio of C14:0 and C16:0 was found, leading to higher AI for those samples coming from animals supplemented with this Se source. The process affects the n-6/n-3 ratio where a higher ratio was found in preserved muscle. The levels of lipid oxidation obtained were very low and the inclusion of Se had no effect on it; however, a greater deterioration was observed in the samples preserved for 7 days.

The pastures provide a certain amount of Se, which could be masking the effect observed in other studies of this mineral (especially in its organic source) on the FA composition of the meat, as well as the antioxidant effect. It is possible that the main difference between those studies and the present one lies in the use of pasture as part of the feed made available to the animals, which would lead one to think that in these animals under these feeding conditions, supplementation with Se would not be necessary and would not provide any extra benefit. However, in order to be able to affirm this, more research is needed.

5. ACKNOWLEDGMENT

This research was part of the Master's thesis, in the Master's Program in Agricultural Sciences of the Faculty of Agronomy. The experiments were carried out at the Southern Regional Center, the Food and Product Quality Laboratory (Faculty of Agronomy) and the Physiology Laboratory (Faculty of Sciences). These institutions made their facilities

and personnel available for this research. We are grateful to the Graduate Academic Committee (CAP) for supporting this research by granting a scholarship to Nandy Espino for the development of this project.

6. CONFLICT OF INTEREST

Authors declare no conflict of interests for this article.

8. REFERENCES

- Alberro, M. (2013). Metaanálisis del efecto de la suplementación con selenio sobre la actividad de la glutatión peroxidasa en distintas especies y tejidos. Tesina de la Licenciatura en Bioquímica. Facultad de Ciencias. Retrieved from <https://www.colibri.udelar.edu.uy/jspui/bitstream/20.500.12008/1510/1/uy24-16195.pdf> Accessed 15 march 2020.
- Amaral, A., Silva, M., & Lannes, S. (2018). Lipid oxidation in meat: mechanisms and protective factors - a review. *Food Science and Technology* 38 (1): 1-15. <https://doi.org/10.1590/fst.32518>
- Basso, L., Moisés, S., Brunori, J., Franco, R., Bacci, R., & Papotto, D. (2007). Calidad de carne diferencial de cerdos producidos en sistemas al aire libre. Encuentro de Nutrición y Producción de Animales Monogástricos (9°, 2007, Montevideo.

- Uruguay). Memorias del encuentro. Montevideo. Universidad de la República, Facultad de Agronomía. pp 63-68.
- Belsey, J. (2008). ω -3 Fatty Acids and the Risk of Coronary Heart Disease. En: Meester F, Watson RR. (Eds.). *Wild-Type Food in Health Promotion and Disease Prevention*. Humana Press. 55-73.
- Bones, E., Florou-Paneri, P., Christaki, E., Giannenas, I., Skoufos, I., Tsinas, A., Tzora, A., & Peng, J. (2014). Pork meat as a functional food. Conference: II International Congress Food Technology, Quality and Safety, At Novi Sad, Serbia. 34-39.
- Cabrera, M.C., Ramos, A., Saadoun, A., & Brito, G. (2010). Selenium, copper, zinc, iron and manganese content of seven meat cuts from Hereford and Braford steers fed pasture in Uruguay. *Meat Science*. 84(3): 518-528. DOI: [10.1016/j.meatsci.2009.10.007](https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2009.10.007)
- Calvo, L., Segura, J., Toldrá, F., Flores, M., Rodríguez, A., López, C., & Rey, A. (2017a). Meat quality, free fatty acid concentration, and oxidative stability of pork from animals fed diets containing different sources of selenium. *Food Science and Technology International*. 23(8):716-728. DOI: [10.1177/1082013217718964](https://doi.org/10.1177/1082013217718964)
- Calvo, L., Toldrá, F., Rodríguez, A., López-Bote, C., & Rey, A. (2017b). Effect of dietary selenium source (organic vs. mineral) and muscle pH on meat quality characteristics of pigs. *Food Science & Nutrition*. 5(1): 94-102. DOI: 10.1002/fsn3.368
- Campo, M., Nute, G., Hughes, S., Enser, M., Wood, J., & Richardson, R. (2006). Flavour perception of oxidation in beef. *Meat Science*. 72(2): 303-311. DOI: [10.1016/j.meatsci.2005.07.015](https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2005.07.015)
- Dal Bosco, A., Mugnai, C., Ruggeri, S., Mattioli, S., & Castellini, C. (2012). Fatty acid composition of meat and estimated indices of lipid metabolism in different poultry genotypes reared under organic system. *Poultry Science*. 91(8): 2039-2045. DOI: [10.3382/ps.2012-02228](https://doi.org/10.3382/ps.2012-02228)
- Del Puerto, M., Cabrera, M.C., & Saadoun, A. (2017). A Note on Fatty Acids Profile of Meat from Broiler Chickens Supplemented with Inorganic or Organic

- Selenium. *International Journal of Food Science*. ID 7613069. DOI: 10.1155/2017/7613069.
- Eder, K. (1995). Gas chromatographic analysis of fatty acid methyl esters. *Journal of Chromatography B: Biomedical Sciences and Applications*. 671(1-2): 113–131. [https://doi.org/10.1016/0378-4347\(95\)00142-6](https://doi.org/10.1016/0378-4347(95)00142-6)
- FAO (Food and Agriculture Organization). (2020). Producción [En línea]. In: *Perspectivas alimentarias – Resúmenes de Mercado Junio 2020*. Retrieved from <https://www.fao.org/documents/card/es/c/cb0606es/> Accessed 26 august 2021.
- Folch, J., Lees, M., & Sloane-Stanley, G. (1957). A simple method for the isolation and purification of total lipides from animal tissues. *Journal of Biological Chemistry*. 226(1): 497-509. [https://doi.org/10.1016/S0021-9258\(18\)64849-5](https://doi.org/10.1016/S0021-9258(18)64849-5)
- Haug, A., Nyquist, N., Thomassen, M., Høstmark, A., & Østbye, T. (2014). N-3 fatty acid intake altered fat content and fatty acid distribution in chicken breast muscle, but did not influence mRNA expression of lipid-related enzymes. *Lipids in Health and Disease*. 13:92-102.
- Ichihara, K., Shibahara, A., Yamamoto K., & Nakayama, T. (1996). An improved method for rapid analysis of the fatty acids of glycerolipids. *Lipids*. 31(5): 535-539. DOI: [10.1007/BF02522648](https://doi.org/10.1007/BF02522648)
- Ichihara, K., Yamaguchi, C., Araya, Y., Sakamoto, A., & Yoneda, K. (2010). Preparation of fatty acid methyl esters by selective methanolysis of polar glycerolipids. *Lipids*. 45(4):367-374. DOI: [10.1007/s11745-010-3404-5](https://doi.org/10.1007/s11745-010-3404-5)
- Li, J., Zhou, J., Zhao, H., Lei, X., Xia, Z., Gao, G., & Wang, K. (2011). Enhanced water-holding capacity of meat was associated with increased Sepw1 gene expression in pigs fed selenium-enriched yeast. *Meat Science*. 87(2):95–100. DOI: [10.1016/j.meatsci.2010.05.019](https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2010.05.019)
- Liu, M., Sun, H., Jose, C., Murray, A., Sun, Z., Briegel, J., Jacob, R., & Tan, Z. (2011). Phenotypic blood glutathione concentration and selenium supplementation interactions on meat colour stability and fatty acid concentrations in Merino lamb. *Meat Science* 87:130-139. DOI: 10.1016/j.meatsci.2010.09.011
- Lisiak, D., Janiszewski, P., Blicharski, T., Borzuta, K., Grześkowiak, E., & Lisiak, B. (2014). Effect of selenium supplementation in pig feed on slaughter value and

- physicochemical and sensory characteristics of meat. *Annals of Animal Science*. 14 (1):213-22. DOI: 10.2478/aoas-2013-0063
- Lynch, S. & Frei, B. (1993). Mechanisms of copper- and iron-dependent oxidative modification of human low-density lipoprotein. *Journal of Lipid Research*. 34(10): 1745-1751.
- Mernies, B., Carballo, C., Cabrera, C., Barlocco, N., & Saadoun, A. (2012). Ácidos grasos del músculo Longissimus dorsi de cerdos Pampa Rocha y cruzas con razas Duroc y Large White. *Veterinaria*. Vol. Especial. IV Congreso Asociación Uruguaya de Producción Animal. 123 p.
- Nuernberg, K., Kuechenmeister, U., Kuhn, G., Nuernberg, G., Winnefeld, K., Ender, K., Cogan, U., & Mokady, S. (2002). Influence of dietary vitamin E and selenium on muscle fatty acid composition in pigs. *Food Research International*. 35(6): 505–510. DOI: [10.1016/S0963-9969\(01\)00148-X](https://doi.org/10.1016/S0963-9969(01)00148-X)
- Okada, T., Furuhashi, N., Kuromori, Y., Miyashita, M., Iwata, F., & Harada, K. (2005). Plasma palmitoleic acid content and obesity in children. *The American Journal of Clinical Nutrition*. 82(4): 747-750. <https://doi.org/10.1093/ajcn/82.4.747>
- Olmedilla, B. & Jiménez, F. (2014). Alimentos cárnicos funcionales; desarrollo y evaluación de sus propiedades saludables. *Nutrición Hospitalaria*. 29(6): 1197-1209. ISSN 1699-5198.
- Olmedilla, B., Jiménez, F., & Sánchez, F. (2013). Development and assessment of healthy properties of meat and meat products designed as functional foods. *Meat Science*. 95(4): 919-30. DOI: [10.1016/j.meatsci.2013.03.030](https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2013.03.030)
- Praagman, J., Beulens, J., Alssema, M., Zock, P., Wandersm A., Sluijs, I., & Schouw, V. (2016). The association between dietary saturated fatty acids and ischemic heart disease depends on the type and source of fatty acid in the European Prospective Investigation into Cancer and Nutrition-Netherlands cohort. *American Journal of Clinical Nutrition*. 103(2): 356-65. DOI: [10.3945/ajcn.115.122671](https://doi.org/10.3945/ajcn.115.122671)
- Saadoun, A. & Cabrera, M.C. (2019). A review of productive parameters, nutritive value and technological characteristics of farmed nutria meat (*Myocastor coypus*). *Meat Science*. 148: 137-149. DOI: [10.1016/j.meatsci.2018.10.006](https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2018.10.006)

- Saadoun, A. (2014). Nuevos enfoques de la importancia de los ácidos grasos de la carne aviar en la salud humana. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*. 48(1): 59-61.
- Schäfer, K., Kyriakopoulos, A., Gessner, H., Grune, T., & Behne, D. (2004). Effects of selenium deficiency in fatty acid metabolism in rats fed fish oil-enriched diets. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*. 18(1) 89–97. DOI: [10.1016/j.jtemb.2004.03.003](https://doi.org/10.1016/j.jtemb.2004.03.003)
- Scollan, N., Price, E., Morgan, S., Huws, S., & Shingfield, K. (2017). Can we improve the nutritional quality of meat? Published online by Cambridge University Press: 25. 76(4): 603-618. DOI: <https://doi.org/10.1017/S0029665117001112>
- Skrivanova, E., Marounek, M., & De Smet, S. (2007). Influence of dietary selenium and vitamin E on quality of veal. *Meat Science*. 76(3): 495–500. DOI: [10.1016/j.meatsci.2007.01.003](https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2007.01.003)
- Soxhlet, F. (1879). Die gewichtsanalytische Bestimmung des Milchfettes. *Dingler's Polytechnisches Journal*. 232: 461-465.
- Terevinto, A., Ramos, A., Castroman, G., Cabrera, M.C., & Saadoun, A. (2010). Oxidative status in vitro iron induced lipid oxidation and superoxide dismutase, catalase and peroxidase activities in Rhea meat. *Meat Science*. 84(4): 706-710. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2009.11.007>

9. TABLES

Table 1. Chemical composition of the experimental diets

	Control (C)	Se-OH-Met (SO)	Se-Na (SI)
Chemical composition			
Humidity (%)	12	12	12
Crude protein (%)	16.75	17.02	16.18
Ethereal extract (%)	8.15	7.82	7.95

Crude fiber (%)	6.60	6.39	5.80
Ca (%)	0.7	0.7	0.7
P (%)	0.37	0.37	0.37
Ashes (%)	7.06	7.32	6.87
Isoluble ashes (%)	0.76	0.76	0.70
Se (ppm)	0.11	0.48	0.47

Ingredients: Corn (33.4%); rice bran (39.8%); H-Pro soybeans (14.5%); corn DDGS (8%); soybean oil (1.3%); calcium carbonate (1.2%); salt (0.23%); vitamin mineral core (0.15%); others: lysine, threonine, rovbio max ap, copper sulfate, zinc oxide, antioxidant, toxin binder (1.42%).

Table 2. Chemical composition of the pastures

	Pastures
Chemical composition	
Humidity (%)	89.0 ± 0.5
Crude protein (%)	22.1 ± 1.9
Crude fiber (%)	3.2 ± 0.42
Ethereal extract (%)	15.9 ± 2.0
Ashes (%)	17.60 ± 1.52
Se (ppm)	0.51 ± 0.11
First year grassland, mixture: Cichorium intybus, 58.3%; Trifolium pratense, 38.94%; Trifolium repens, 0.76% and others, 2%.	

Table 3. Fatty acid composition (g/100 g of fatty acids) of pasture and concentrate

	Pastures	Concentrate
Fatty Acid %		
C14:0	1.24 ± 0.05	0.25 ± 0.05
C16:0	21.3 ± 1.57	14.1 ± 0.65
C16:1	1.23 ± 0.11	0.71 ± 0.06

C18:0	4.36 ± 0.23	3.02 ± 0.11
C18:1	4.91 ± 0.53	40.75 ± 0.50
C18:2n6	20.8 ± 1.64	37.6 ± 0.47
C18:3n3	34 ± 2.3	0.55 ± 0.02
C22:0	5.32 ± 0.46	0.35 ± 0.04
C24:0	1.03 ± 0.08	0.46 ± 0.06
Otros	5.76 ± 0.4	2.16 ± 0.11

Mean ± standard error of the mean. Pasture: n = 9 (Chemical composition in Table 2). Concentrate n = 2 (Chemical composition in Table 1).

Table 4. Effect of Se supplementation (organic/inorganic) on Se content (mg/kg of meat) in fresh and preserved *Longissimus thoracis* muscle.

	Se (mg/Kg carne)		
	Control (C)	Se-OH-Met (SO)	Se-Na (SI)
Fresh	0.16 ± 0.02	0.22 ± 0.03	0.31 ± 0.05
Preserved	0.16 ± 0.02	0.24 ± 0.04	0.27 ± 0.04
Main effects	Diet * SI > C	Process	NS

Mean ± Standard error of the mean; * p < 0.001, NS: not significant. The main effects on the variable studied were analyzed by repeated measures ANOVA.

1 **Tabla 5.** Effect of Se supplementation on fatty acid composition (g/100g fatty acids) in fresh and preserved *Longissimus thoracis* muscle.

	Fresh (F)			Preserved (M)			Main effects	
	Control (C)	Se-OH-Met (SO)	Se-Na (SI)	Control (C)	Se-OH-Met (SO)	Se-Na (SI)	Diet	Process: Fresh vs. Preserved
Lipids %	5.36 ± 0.66	5.43 ± 0.70	5.77 ± 0.39	4.76 ± 0.43	5.51 ± 0.80	6.13 ± 0.7	NS	NS
Fatty Acid %								
C14:0	1.25 ± 0.04	1.27 ± 0.05	1.33 ± 0.03	1.29 ± 0.05 b	1.35 ± 0.03 b	1.57 ± 0.08 a	p<0.002 SI > C, SO; C = SO	p < 0.004 M > F
C14:1	0.06 ± 0.01	0.05 ± 0.01	0.06 ± 0.01	0.06 ± 0.01	0.05 ± 0.01	0.05 ± 0.01	NS	NS
C16:0	26.7 ± 0.39	27.3 ± 0.34	27.0 ± 0.30	27.2 ± 0.19 b	27.1 ± 0.29 b	28.8 ± 0.67 a	p < 0.04 SI > C, SO; C = SO	p < 0.04 M > F
C16:1	2.86 ± 0.17	2.84 ± 0.13	3.25 ± 0.14	3.07 ± 0.16	2.88 ± 0.15	3.43 ± 0.19	p < 0.01 SI > SO; C = SI, SO	NS
C17:0	0.35 ± 0.02	0.32 ± 0.02	0.33 ± 0.04	0.37 ± 0.03	0.35 ± 0.02	0.30 ± 0.03	NS	NS
C17:1	0.20 ± 0.02	0.21 ± 0.01	0.23 ± 0.01	0.19 ± 0.01	0.23 ± 0.02	0.18 ± 0.02	NS	NS
C18:0	14.9 ± 0.36 ab	15.6 ± 0.39 a	14.1 ± 0.28 b	14.2 ± 0.40 ab	15.1 ± 0.49 a	13.2 ± 0.33 b	p < 0.001 SO, C > SI; C = SO	p < 0.03 F > M
C18:1	44.4 ± 0.57	44.6 ± 0.37	45.7 ± 0.43	44.6 ± 0.47	43.9 ± 0.45	43.9 ± 0.64	NS	NS
C18:2n6	6.89 ± 0.68	5.66 ± 0.46	5.93 ± 0.31	7.05 ± 0.51	7.02 ± 0.3	6.61 ± 0.23	NS	p < 0.04 M > F
C20:0	0.24 ± 0.01	0.29 ± 0.03	0.22 ± 0.01	0.21 ± 0.01 ab	0.23 ± 0.01a	0.18 ± 0.02 b	p < 0.004 SO > SI; C = SI, SO	p < 0.002 F > M
C20:1	0.03 ± 0.00	0.04 ± 0.01	0.03 ± 0.00	0.03 ± 0.01	0.01 ± 0.00	0.02 ± 0.01	NS	p < 0.03 F > M
C18:3n3	1.08 ± 0.04	1.07 ± 0.03	1.09 ± 0.06	1.02 ± 0.04	1.05 ± 0.05	1.03 ± 0.04	NS	NS
C20:2n6	0.22 ± 0.01	0.18 ± 0.01	0.21 ± 0.02	0.23 ± 0.02	0.23 ± 0.01	0.21 ± 0.01	NS	NS
C20:3n3	0.06 ± 0.02	0.04 ± 0.01	0.03 ± 0.00	0.07 ± 0.02	0.05 ± 0.01	0.05 ± 0.01	NS	NS
C20:4n6	0.26 ± 0.13	0.10 ± 0.02	0.13 ± 0.02	0.16 ± 0.03	0.15 ± 0.02	0.17 ± 0.02	NS	NS
C22:4n6	0.08 ± 0.01	0.07 ± 0.01	0.08 ± 0.01	0.06 ± 0.01	0.05 ± 0.01	0.05 ± 0.01	NS	p < 0.001F > M
Others	0.31	0.35	0.33	0.16	0.23	0.17	-	-
SFA	43.9 ± 0.80	45.1 ± 0.56	43.3 ± 0.66	43.6 ± 0.46	44.5 ± 0.63	44.4 ± 0.79	NS	NS
MUFA	47.6 ± 0.83	47.7 ± 0.40	49.2 ± 0.53	48.0 ± 0.54	47.0 ± 0.51	47.6 ± 0.71	NS	NS

PUFA	8.59 ± 1.00	7.11 ± 0.49	7.46 ± 0.44	8.60 ± 0.56	8.54 ± 0.31	8.10 ± 0.26	NS	NS
Mean ± Standard error of the mean. Different letters indicate significance of difference between diets (C, SO, SI) within the same line. NS = Not significant. The main effects on the variable studied were analyzed by repeated measures ANOVA.								
2								
3								
4								
5								
6								

Table 6. Effect of Se supplementation on the enzymatic activity of Δ -9 desaturase, elongase and thioesterase in total FA in fresh and preserved *Longissimus thoracis* muscle.

	Fresh (F)			Preserved (M)			Diet	Main effect Process (Fresh vs. Preserved)
	Control (C)	Se-OH- Met (SO)	Se-Na (SI)	Control (C)	Se-OH- Met (SO)	Se-Na (SI)		
Δ-9 16	0.11 $\pm$ 0.01 ab	0.10 $\pm$ 0.00 b	0.12 $\pm$ 0.01 a	0.11 $\pm$ 0.01 ab	0.10 $\pm$ 0.01 b	0.12 $\pm$ 0.01 a	p < 0.04 SI > SO	NS
Δ-9 18	2.99 $\pm$ 0.09 b	2.87 $\pm$ 0.08 b	3.25 $\pm$ 0.08 a	3.15 $\pm$ 0.10 ab	2.93 $\pm$ 0.11 b	3.34 $\pm$ 0.11 a	p < 0.001 SI > SO	NS
Δ-9 16 +18	3.09 $\pm$ 0.10b	2.97 $\pm$ 0.09 b	3.37 $\pm$ 0.08 a	3.27 $\pm$ 0.11 ab	3.03 $\pm$ 0.11 b	3.46 $\pm$ 0.11 a	p < 0.001 SI > SO	NS
Elongase	0.56 $\pm$ 0.01a	0.57 $\pm$ 0.01 a	0.52 $\pm$ 0.01 b	0.53 $\pm$ 0.01 a	0.56 $\pm$ 0.02 a	0.46 $\pm$ 0.01 b	p < 0.001 SO > SI	p < 0.00 F > M
Tioesterase	21.6 $\pm$ 0.50	21.6 $\pm$ 0.65	20.5 $\pm$ 0.34	21.2 $\pm$ 0.79 a	20.2 $\pm$ 0.42 ab	18.6 $\pm$ 0.72 b	p < 0.01 C > SI	p < 0.01 F > M

Mean $\pm$ Standard error of the mean. Different letters indicate significance of difference between diets (C, SO, SI) within the same line. NS = Not significant. The main effects on the variable studied were analyzed by repeated measures ANOVA.

Table 7. Effect of Se supplementation on fatty acid composition (g/100 g fatty acids) in the polar fraction in fresh and preserved *Longissimus thoracis* muscle.

	Fresh (F)			Preserved (M)			Main effect	
	Control (C)	Se-OH-Met (SO)	Se-Na (SI)	Control (C)	Se-OH-Met (SO)	Se-Na (SI)	Diet	Process (Fresh vs. Preserved)
C14:0	0 ± 0.00	0.25 ± 0.12	0.19 ± 0.10	0.83 ± 0.08	0.73 ± 0.09	0.74 ± 0.06	NS	p < 0.001 M > F
C14:1	0.78 ± 0.08	0.78 ± 0.06	0.70 ± 0.11	0.71 ± 0.07	0.62 ± 0.09	0.68 ± 0.07	NS	NS
C16:0	35.2 ± 1.04	36.4 ± 1.31	33.3 ± 0.88	34.6 ± 0.94	34.2 ± 1.27	33.2 ± 1.23	NS	NS
C16:1	1.22 ± 0.17	1.37 ± 0.13	1.03 ± 0.11	1.53 ± 0.13	1.36 ± 0.17	1.30 ± 0.15	NS	NS
C17:0	0.79 ± 0.07	0.82 ± 0.05	0.72 ± 0.07	0.69 ± 0.05	0.64 ± 0.04	0.72 ± 0.06	NS	p < 0.04 F > M
C17:1	0.58 ± 0.05	0.51 ± 0.06	0.48 ± 0.06	0.49 ± 0.06	0.46 ± 0.04	0.41 ± 0.03	NS	NS
C18:0	18.1 ± 0.59	18.1 ± 0.37	18.4 ± 0.38	17.9 ± 0.56	18.6 ± 0.46	18.0 ± 0.30	NS	NS
C18:1	22.3 ± 0.92	22.4 ± 0.83	21.1 ± 0.87	24.6 ± 1.18	24.3 ± 1.39	24.3 ± 0.46	NS	p < 0.003 M > F
C18:2n6	18.5 ± 1.66	17.0 ± 0.92	21.0 ± 0.97	14.9 ± 1.73	16.1 ± 2.35	16.4 ± 1.54	NS	p < 0.02 F > M
C18:3n3	0.48 ± 0.07	0.39 ± 0.03	0.56 ± 0.07	0.47 ± 0.06	0.49 ± 0.07	0.52 ± 0.06	NS	NS
C20:4n6	0.63 ± 0.11	0.56 ± 0.13	0.49 ± 0.12	1.28 ± 0.11	1.34 ± 0.09	1.12 ± 0.14	NS	P < 0.001 M > F
others	1.29	1.46	2.02	1.92	1.29	2.57	-	-

Mean ± Standard error of the mean. NS = Not significant. The main effects on the variable studied were analyzed by repeated measures ANOVA.

Table 8. Effect of Se supplementation on the enzymatic activity of Δ -9 desaturase, elongase and thioesterase in GA of the polar fraction in fresh and preserved *Longissimus thoracis* muscle.

	Fresh (F)			Preserved (M)			Main effect	
	Control (C)	Se-OH-Met (SO)	Se-Na (SI)	Control (C)	Se-OH-Met (SO)	Se-Na (SI)	Diet	Process (Fresh vs. Preserved)
Δ-9 16	0.03 $\pm$ 0.00	0.04 $\pm$ 0.00	0.03 $\pm$ 0.00	0.04 $\pm$ 0.00	0.04 $\pm$ 0.00	0.04 $\pm$ 0.00	NS	p < 0.03 M > F
Δ-9 18	1.24 $\pm$ 0.07	1.24 $\pm$ 0.05	1.15 $\pm$ 0.06	1.39 $\pm$ 0.08	1.31 $\pm$ 0.06	1.36 $\pm$ 0.03	NS	p < 0.008 M > F
Δ-9 16 +18	1.27 $\pm$ 0.07	1.28 $\pm$ 0.06	1.18 $\pm$ 0.06	1.43 $\pm$ 0.08	1.34 $\pm$ 0.07	1.40 $\pm$ 0.03	NS	p < 0.01 M > F
Elongase	0.52 $\pm$ 0.03	0.50 $\pm$ 0.02	0.56 $\pm$ 0.02	0.52 $\pm$ 0.01	0.55 $\pm$ 0.02	0.54 $\pm$ 0.02	NS	NS
Thioesterase	-	-	-	44.3 $\pm$ 4.40	55.5 $\pm$ 11.08	45.7 $\pm$ 2.25	-	-

Mean $\pm$ Standard error of the mean. NS = Not significant. The main effects on the studied variable were analyzed through repeated measures ANOVA. Thioesterase enzyme calculation is not performed for fresh samples due to the absence of C14:0 GA in fresh samples.

Table 9. Effect of Se supplementation on lipid and health indices in fresh and preserved *Longissimus thoracis* muscle.

	Fresh (F)			Preserved (M)			Main effect	
	Control (C)	Se-OH-Met (SO)	Se-Na (SI)	Control (C)	Se-OH-Met (SO)	Se-Na (SI)	Diet	Process (Fresh vs. Preserved)
PUFA/SFA	0.20 ± 0.03	0.16 ± 0.01	0.17 ± 0.01	0.20 ± 0.01	0.19 ± 0.01	0.18 ± 0.01	NS	NS
n-6	7.46 ± 0.95	6.01 ± 0.48	6.34 ± 0.38	7.50 ± 0.53	7.44 ± 0.32	7.03 ± 0.25	NS	NS
n-3	1.13 ± 0.07	1.11 ± 0.03	1.12 ± 0.07	1.10 ± 0.06	1.10 ± 0.05	1.08 ± 0.04	NS	NS
n-6/n-3	6.49 ± 0.48	5.43 ± 0.45	5.73 ± 0.22	6.88 ± 0.47	6.92 ± 0.52	6.58 ± 0.33	NS	p < 0.01 M > F
AI	0.56 ± 0.02	0.59 ± 0.01	0.57 ± 0.02	0.57 ± 0.01 b	0.59 ± 0.01 b	0.63 ± 0.03 a	P < 0.05 SI > SO, C	NS
IT	1.38 ± 0.05	1.46 ± 0.03	1.36 ± 0.04	1.37 ± 0.03	1.42 ± 0.03	1.43 ± 0.05	NS	NS
h/H	2.01 ± 0.06	1.92 ± 0.04	2.00 ± 0.05	1.99 ± 0.03	1.95 ± 0.04	1.85 ± 0.07	NS	NS

Mean ± Standard error of the mean. Different letters indicate significance of difference between diets (C, SO, SI) within the same line. NS = Not significant. The main effects on the variable studied were analyzed by repeated measures ANOVA.

Table 10. Effect of organic and inorganic Se supplementation on lipid oxidation expressed as mg MDA/kg of fresh and preserved *Longissimus thoracis* muscle.

	TBARS (mg MDA/kg meat)		
	Control (C)	Se-OH-Met (SO)	Se-Na (SI)
Fresh	0.18 ± 0.01	0.15 ± 0.01	0.17 ± 0.02
Preserved	0.28 ± 0.01	0.30 ± 0.04	0.30 ± 0.03
Main effects			
Diet NS			
Process ** Preserved > Fresh			

Mean ± Standard error of the mean; ** p < 0.00001, NS: not significant. The main effects on the variable studied were analyzed by repeated measures ANOVA.