



UNIVERSIDAD NACIONAL DE RÍO CUARTO
FACULTAD DE AGRONOMÍA Y VETERINARIA

Tesis para acceder al título de
Magíster en Inocuidad y Calidad de los Alimentos

**INCORPORACIÓN DE SEMILLAS DE LINO (*Linum usitatissimum*)
EN LA ALIMENTACIÓN DEL CERDO Y VALORACIÓN DE LA
CALIDAD NUTRACÉUTICA DE SALAMES CASEROS**

Lic. Sebastián José Marini

DIRECTOR: Med. Vet. MSc. Néstor Juan Latimori

AÑO 2016

INCORPORACIÓN DE SEMILLAS DE LINO (*Linum usitatissimum*) EN
LA ALIMENTACIÓN DEL CERDO Y VALORACIÓN DE LA
CALIDAD NUTRACÉUTICA DE SALAMES CASEROS

Lic. Sebastián José Marini

Tesista

Mgter. Néstor Juan Latimori

Director

Tribunal evaluador

Dra. María Paula Turiello

Dra. Adriana Gloria Esther Bonvillani

Mgter. Raúl Enrique Franco



AGRADECIMIENTOS

Quiero expresar mi agradecimiento a todas aquellas personas que de una u otra manera han colaborado en la realización de esta tesis.

A mi familia por su apoyo incondicional, en especial mi mujer Elina y a mi hijo Juan Francisco.

Agradecer a los miembros y compañeros de trabajo del grupo de producción porcina del INTA Marcos Juárez quienes han sido partícipes en la realización de este trabajo.

TABLA DE CONTENIDOS

ÍNDICE DE TABLAS.....	i
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	ii
ABREVIATURAS	iii
RESUMEN	iv
ABSTRACT.....	vi
CAPÍTULO 1 - INTRODUCCIÓN	1
1- 1. Situación actual del consumo de carne de cerdo	1
1- 2. Situación del mercado local de chacinados.....	4
1- 2.1. Exportaciones argentinas 2011-2015	4
1- 2.2. Importaciones argentinas 2011-2015	5
1- 3. Los alimentos funcionales.....	5
1- 4. La semilla de lino	7
1- 5. Ácidos grasos	8
1- 5.1. Los ácidos grasos saturados.....	9
1- 5.2. Los ácidos grasos insaturados.....	9
1- 5.3. Mecanismo de acción de los ácidos grasos con funciones nutraceuticas	12
1- 5.4. Algunas acciones farmacológicas conocidas de los ácidos grasos	13
1- 5.5. Niveles recomendados para la dieta humana	15
CAPÍTULO 2 - HIPÓTESIS Y OBJETIVOS	17
2-1. Hipótesis.....	17
2-2. Objetivo general	17
2-3. Objetivos específicos	17
CAPÍTULO 3 - MATERIALES Y MÉTODOS.....	18
3- 1. Diseño experimental	18
3- 2. Tratamientos.....	18
3- 3. Determinación del perfil de ácidos grasos	20
3- 4. Elaboración de los salames	21
3- 5. Pruebas de preferencia	22
3- 6. Análisis estadístico	23
CAPÍTULO 4 - RESULTADOS Y DISCUSIÓN	25



4-1. Indicadores físicos de producción	25
4-2. Análisis químico de la grasa intramuscular.....	26
4-3. Análisis químico de la grasa dorsal	27
4-4. Análisis químico de los salames	28
4-5. Resultado de la prueba de preferencia	30
CAPÍTULO 5 - CONCLUSIONES	34
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	35

ÍNDICE DE TABLAS

<i>Tabla 1:</i> Composición en MS del alimento balanceado de cada tratamiento.....	18
<i>Tabla 2:</i> Perfil de ácidos grasos del alimento balanceado de cada tratamiento.....	19
<i>Tabla 3:</i> Indicadores físicos de los tres tratamientos	25
<i>Tabla 4:</i> Índices físicos promedios de los tres tratamientos.....	25
<i>Tabla 5:</i> Perfil de ácidos grasos de la grasa intramuscular según tratamientos	26
<i>Tabla 6:</i> Perfil de ácidos grasos de la grasa dorsal según tratamientos	27
<i>Tabla 7:</i> Perfil de ácidos grasos de los salames según tratamientos.....	29
<i>Tabla 8:</i> Valores de ranking para color de grasa más blanca	30
<i>Tabla 9:</i> Valores de ranking para la preferencia.....	32

ÍNDICE DE GRÁFICOS

<i>Gráfico 1:</i> Evolución de la producción de chacinados en miles de toneladas.....	4
<i>Gráfico 2:</i> Comparativo en ácidos grasos saturados e insaturados de diferentes grasas y aceites	8
<i>Gráfico 3:</i> Vía metabólica de los ácidos grasos $\Omega 3$ y $\Omega 6$	11
<i>Gráfico 4:</i> Distribución de la frecuencia de elección de grasa más blanca según tratamiento	30
<i>Gráfico 5:</i> Distribución de la frecuencia de elección de salame preferido según tratamiento	31
<i>Gráfico 6:</i> Distribución de la frecuencia de color de grasa más blanca según tratamiento dentro de cada orden de preferencia, expresada en porcentaje.	32

ABREVIATURAS

Ω : Omega

AA: Ácido araquidónico

AG: Ácidos grasos

AGMI: Ácidos grasos monoinsaturados

AGPI: Ácidos grasos poliinsaturados

AGS: Ácidos grasos saturados

AL: Ácido linoleico

ALN: Ácido α -linolénico

ANAVA: Análisis de varianza

CAICHA: Cámara Argentina de la Industria del Chacinado y Afines

CLA: Ácido linoleico conjugado

CNA: Censo Nacional Agropecuario

D5D: Enzima desaturasa

DHA: Ácido docosahexaenoico

EPA: Ácido eicosapentaenoico

Ig: Inmunoglobulinas

INTA: Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria

LT: Leucotrienos

MINAGRI: Ministerio de Agroindustria de la Nación Argentina

MS: Materia seca

OMS: Organización Mundial de la Salud

PG: Prostaglandinas

SAGyP: Secretaría de Agricultura, Ganadería y Pesca

SENASA: Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria

SNC: Sistema Nervioso Central

TDAH: Trastorno por déficit de atención e hiperactividad

t: Tonelada

TX: Tromboxanos

USDA: United States Department Of Agriculture

VIA: Virus de Inmunodeficiencia Adquirida

RESUMEN

La reducción y modificación del contenido graso de algunos alimentos de origen animal es una estrategia importante para mejorar la calidad de los alimentos tanto de consumo directo como elaborados, que tiende a dar respuesta a un creciente requerimiento de los consumidores. Los embutidos fermentados secos como el salame, cuentan con algunas características desfavorables basadas en su relativamente alto contenido de grasas y el perfil de ácidos grasos característico del porcino. El objetivo de este trabajo fue incorporar precursores de componentes nutraceuticos mediante la introducción de semilla de lino en la dieta de cerdos que posteriormente serían destinados a la elaboración de salames, con la hipótesis de que estos cambios inducirían modificaciones positivas en el perfil de ácidos grasos que se evidenciarían en el producto final industrializado. Se implementaron tres tratamientos con una inclusión de lino de 0, 5 y 10% en la alimentación de cerdos en terminación y luego se elaboraron salames utilizando como materia prima el músculo *Longissimus dorsi* y la grasa dorsal de dichos animales. Se determinaron los indicadores físicos de producción, los perfiles de ácidos grasos de la grasa intramuscular, grasa dorsal y de los salames. Se realizó una prueba de preferencia para evaluar la aceptabilidad del producto final. El aumento medio diario de peso vivo y el consumo medio diario de alimento no mostraron diferencias significativas entre los tratamientos ($p > 0,05$), mientras que la conversión alimenticia fue mejor en el tratamiento control (sin lino) ($p < 0,05$). En los perfiles de los ácidos grasos tanto de la grasa intramuscular como la grasa dorsal se observó la misma tendencia a medida que se aumentaba la inclusión de lino en la dieta: reducción en el contenido de ácidos grasos saturados, aumento en el contenido de ácidos grasos poliinsaturados, aumento en el contenido de $\Omega 3$ y una disminución en la relación $\Omega 6/\Omega 3$ ($p < 0,05$). Este mismo comportamiento se observó en el perfil de ácidos grasos de los salames. La prueba de preferencia mostró diferencias significativas en cuanto al color de grasa más blanca favorable al tratamiento control, mientras que en la degustación, no se observaron diferencias significativas entre los salames del

tratamiento control y el tratamiento con inclusión del 10% de semillas de lino ($p > 0,05$). La inclusión de semillas de lino en las dietas provocó un cambio significativo y favorable en la composición de ácidos grasos de la grasa intramuscular y de la grasa dorsal de los animales. Estos cambios en la materia prima se preservaron en los salames, obteniéndose un producto de mejor calidad nutracéutica y con una percepción favorable por parte de los consumidores.

ABSTRACT

The reduction and modification of fat content of some foods of animal origin are an important strategy for improving the quality of food both for direct consumption as processed, which tends to respond to a growing demand from consumers. Dry fermented sausages like salami have some unfavorable characteristics based on its relative high fat content and characteristic fatty acid profile of the pig. The aim of this work was to incorporate precursors of nutraceutical components by adding flaxseed to the diet of pigs that were later destined for the production of salami, with the hypothesis that these changes induce positive changes in fatty acid profile that could be observed on the industrialized final product. Three treatments with a linseed inclusion of 0, 5 and 10% in the diet of finishing pigs were used and then salami was prepared using *Longissimus dorsi* muscle and backfat of these animals as raw material. Physical production parameters were obtained and fatty acid profiles of intramuscular fat, backfat and salami. Preferential test in order to evaluate the acceptability of the final product was performed. The average daily gain and average daily consumption of food showed no significant difference between treatments ($p>0,05$), while feed conversion was better in the control treatment ($p<0,05$). In the fatty acid profiles of intramuscular fat both as backfat were observed the same trend as inclusion of flax was increased: reduction in saturated fatty acid content, increase in the polyunsaturated fatty acid and $\Omega 3$ content and a decrease in the ratio $\Omega 6 / \Omega 3$ ($p<0,05$). The same behaviour was observed in the fatty acid profile of the salami. The preferential test showed significant differences in the whiter fat color favorable to the control treatment (without linseed) while in the tasting, no significant differences between salami of the control treatment and treatment with 10% of flaxseed were observed ($p>0,05$). The inclusion of flaxseed in the diets caused a significant and favorable change in the fatty acid composition of intramuscular fat and backfat of animals. These changes in the raw materials were transferred to the salami, obtaining a product of better nutraceutical quality and with a favourable approval by consumers.



CAPÍTULO 1
INTRODUCCIÓN

Desde hace algo más de una década, la actividad porcina muestra en Argentina un crecimiento sostenido, impulsado principalmente por un incremento del consumo de esta especie en el mercado interno, que alcanza los 11,30 kg/hab/año. En forma paralela al crecimiento de la actividad, se ha incrementado la producción nacional de chacinados, que evolucionó de las 238.000 t producidas en 2002, a las 500.000 t elaboradas en 2014. Dentro de este rubro, los salames ocupan un lugar preponderante tanto por la calidad de producción artesanal, como por la gran generalización de su consumo (CAICHA, 2014).

No obstante, en los últimos años, los consumidores vienen expresando un creciente interés por alimentos que además de satisfacer requerimientos hedónicos, contribuyan al sostenimiento de su salud. En este sentido, los embutidos fermentados secos como el salame, cuentan con algunas características desfavorables basadas en su relativamente alto contenido de grasas (25 a 45%) y el perfil de ácidos grasos característico del porcino (Muguerza *et al.*, 2004). Al mismo tiempo se ha instalado en la sociedad el concepto de “alimentos funcionales” para aquellos que además de su valor nutritivo tradicional, aportan beneficios para la salud o reducen el riesgo de algunas enfermedades, sobre la base de componentes bioquímicos nutraceuticos. En este sentido, los alimentos de origen animal contienen algunos componentes tales como algunos ácidos grasos esenciales para el humano, y otros que podrían incorporarse a su perfil natural, sobre la base de aporte de algunos de sus precursores en las dietas de los animales. La reducción y modificación del contenido graso es una estrategia importante para mejorar la calidad de los alimentos tanto de consumo directo como elaborados (Bote *et al.*, 2004).

1- 1. Situación actual del consumo de carne de cerdo

La carne de cerdo se ubica en la actualidad como la más consumida y producida en el mundo. En 2015 se consumieron 110,9 millones de toneladas (cifra que representa el 43,7% del consumo mundial de carnes), mientras que se consumieron 86,3 millones de toneladas de carne de ave y 56,5 millones de toneladas de carne vacuna (USDA, 2015). Esto se debe, en parte, a la eficiencia productiva de la actividad, una buena

conversión alimento-carne y un adecuado rendimiento cárnico (Moreno & Telechea, 2011).

En Argentina, el comportamiento del consumo de proteína animal es inverso, ya que el mayor porcentaje corresponde a la carne bovina (54% del total) seguida por la aviar (37%) y la porcina (9%). Esto está relacionado con la histórica disponibilidad de carne bovina, y además, con los prejuicios y desconocimiento respecto a los efectos sobre la salud que generaría el consumo de carne de cerdo (Moreno & Telechea, 2011).

En nuestro país, la producción porcina se originó como una actividad generadora de valor agregado, con el fin de incrementar el ingreso económico de pequeños productores a través de la transformación de grano en carne. Los datos del Censo Nacional Agropecuario (CNA) del año 2002 determinaron que el país contaba con 2.100.000 cabezas, lo que marcaba una reducción del 40% con respecto al CNA del año 1988, donde se contaba con 3.340.000 cerdos. Después del año 2002, las condiciones macroeconómicas para la producción porcina mejoraron considerablemente, especialmente por el encarecimiento del cerdo importado y el mejoramiento de los precios internos en términos reales, situación que continúa hasta el presente. Esto permitió que en los últimos años se comenzara a vislumbrar una recuperación de la actividad, marcada por un incremento productivo del 15 al 20% desde 2002 hasta la fecha, basado principalmente, en un aumento del consumo de carne por habitante/año (8,55 kg/hab/año en 2012 contra 11,30 kg/hab/año hasta noviembre de 2015) (MINAGRI, 2015). Sustentado también por ser un país que reúne todas las condiciones geopolíticas, ambientales y sanitarias necesarias para la producción de cerdos (Papotto, 2006; Millares & SAGyP, 2012).

El principal destino de esta producción sigue siendo el mercado interno utilizándose para la elaboración de fiambres y chacinados, y el consumo en fresco.

En Argentina, de acuerdo con el Reglamento de inspección de productos, subproductos y derivados de origen animal - Decreto 4238/68 del SENASA en su capítulo XVI define como:

Chacinados: los productos preparados sobre la base de carne y/o sangre, vísceras u otros subproductos animales que hayan sido autorizados para el consumo humano, adicionados o no con sustancias aprobadas a tal fin.

Embutidos: los chacinados en cualquier estado y forma admitida que se elaboren, que hayan sido introducidos a presión en un fondo de saco de origen orgánico o inorgánico aprobado para tal fin, aunque en el momento del expendio y/o consumo carezcan del continente.

Los embutidos se clasifican en:

Embutidos frescos: son aquellos que han sido elaborados con carnes y subproductos crudos, con el agregado de sal, especias y aditivos de uso permitido, que no hayan sido sometidos a procesos térmicos, de secado o de ahumado (chorizo fresco, salchicha parrillera, etc.).

Embutidos secos: embutidos crudos que han sido sometidos a un proceso de deshidratación parcial para favorecer su conservación por un lapso prolongado (cervelat, chorizo a la española, longaniza, sopressata, salame, salamín, etc.).

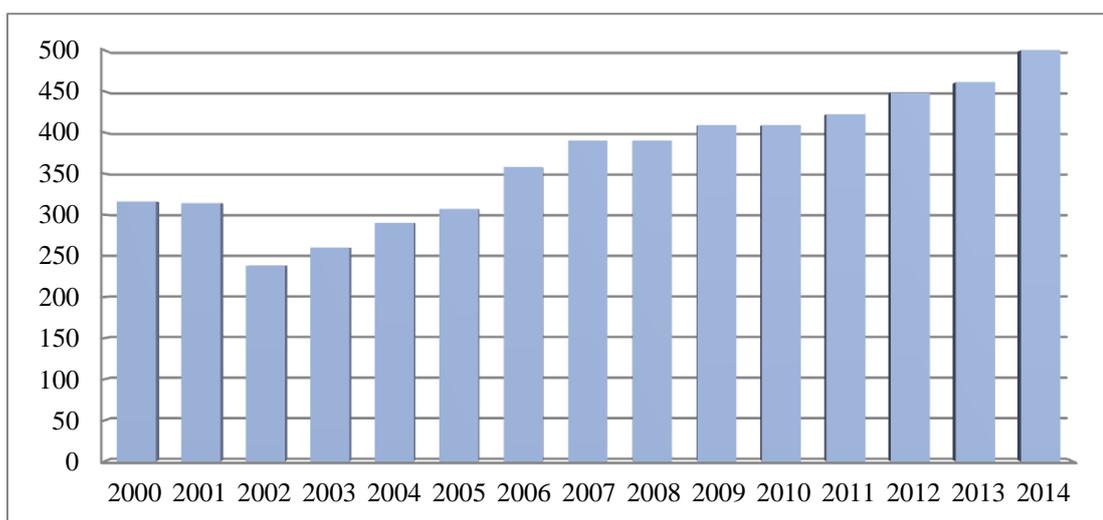
Embutidos cocidos: son embutidos, cualquiera sea su forma de elaboración, que sufren un proceso de cocimiento en estufa o agua (morcilla, codeguín, mortadela, salchichón, salchicha tipo Frankfurt y tipo Viena, butifarra, etc.).

Uno de los chacinados más populares en nuestro país, además del jamón, es el salame. Al salame se lo define, según el reglamento de inspección de productos, subproducto y derivados de origen animal, como un embutido seco, elaborado sobre la base de carne de cerdo o carne de cerdo y vacuno, con el agregado de tocino, sal, salitre, azúcar, especias y vino blanco.

Las variedades de salame producidas en la región se distinguen según su textura interna en "picados gruesos"; "picados finos", sopressatas, y salamines, que suelen ser generalmente más especiados y así más curtidos, secos (y por esto más oscuros) y duros que los de Italia.

1- 2. Situación del mercado local de chacinados

El mercado de chacinados en nuestro país, tiene más del 99,5% de su producción destinada al consumo interno. Los productos llegan al mercado local a través de distribuidoras y por medio de las propias fábricas, estas últimas en menor cantidad. La industria chacinera argentina, por la bondad de los insumos que utiliza (carnes porcinas y vacunas) y por la calidad de los productos que con ellos elabora, puede y debería encontrarse entre los mejores productores del mundo. Por otra parte, desde el punto de vista de la capacidad productiva instalada, existen grandes oportunidades de abordar mercados externos y disponer así, de la capacidad ociosa existente, pero para ello será necesario trabajar fuertemente en una de las principales barreras de acceso: las exigencias sanitarias (CAICHA, 2014).



Fuente: CAICHA, 2014

Gráfico 1: Evolución de la producción de chacinados en miles de toneladas

1- 2.1. Exportaciones argentinas 2011-2015

Las exportaciones argentinas de chacinados no resultan relevantes si se las analiza respecto a las exportaciones totales del país, su participación en 2014 fue del 0,007%. Tal como se mencionó anteriormente el 99,5% de la producción está destinada al mercado local. Si bien este sector cuenta con una cantidad considerable de frigoríficos para la producción, todavía resulta insuficiente el grado de cumplimiento de

las exigencias sanitarias y el diseño y gestión de políticas públicas de apoyo, protección y promoción para este tipo de empresas.

1- 2.2. Importaciones argentinas 2011-2015

Las importaciones de chacinados del país, del mismo modo que las exportaciones, representan una muy baja participación respecto a las importaciones totales. En 2014 y los primeros cuatro meses de 2015 su incidencia fue del 0,004%. Las proyecciones para el resto del año acentúan la caída y su razón fundamental tiene que ver con la política económica adoptada en la actualidad que restringe las importaciones de productos en general a fin de controlar el mercado de divisas.

En Argentina surgieron diversos centros productivos de este tipo de chacinados a partir de la segunda mitad del siglo XIX como consecuencia del establecimiento de una numerosa inmigración oriunda de Italia. Es por este motivo que en toda la Pampa Húmeda: casi la totalidad de la provincia de Buenos Aires, en donde se destacan las ciudades de Mercedes y Tandil, provincia de Córdoba (Río Cuarto, Villa María, San Francisco, Colonia Caroya, Oncativo, etc.), la mayor parte de la provincia de Santa Fe y el este de la provincia de La Pampa, se realizan con gran calidad y en gran cantidad excelentes salames. Fuera de la Pampa Húmeda es común el salame, siendo importantes productoras las provincias de Entre Ríos, Mendoza, Tucumán, San Luis y Río Negro (CAICHA, 2014).

1- 3. Los alimentos funcionales

Las tendencias mundiales de la alimentación en los últimos años indican un interés acentuado de los consumidores hacia ciertos alimentos, que además del valor nutritivo, aporten beneficios a las funciones fisiológicas del organismo humano. Estas variaciones en los patrones de alimentación generaron una nueva área de desarrollo en las ciencias de los alimentos y de la nutrición que corresponde a la de los “alimentos funcionales” (Pariza, 2004).

Para que un alimento sea considerado Alimento Funcional debe poseer agentes bioquímicos nutraceuticos, que aporten un efecto benéfico para la salud y/o reduzcan el riesgo de enfermedades, más allá de sus efectos nutricionales habituales (Zeisel, 1999).

Los alimentos de origen animal contienen algunas de estas sustancias de alto valor nutracéutico y de carácter esencial para los humanos, entre los que se destacan algunas moléculas definidas bioquímicamente como ácidos grasos.

Los embutidos fermentados secos son productos cárnicos tradicionales y populares en muchos países. Sin embargo, estos productos presentan algunos efectos negativos para la salud debido a su alto contenido de grasa (25-45%), contenido energético (300-450 kcal /100 gr) y el perfil de ácidos grasos característico de la grasa porcina (Muguerza *et al.*, 2004; Ruiz-Capillas *et al.*, 2012).

La reducción y modificación del contenido graso es una estrategia importante para mejorar la calidad de los alimentos, lo que lleva a la industria cárnica a desarrollar nuevas formulaciones en sus productos o modificar los tradicionales. Al igual que en otros productos cárnicos con características similares, la reformulación de los procesos para la elaboración de embutidos fermentados secos han sido utilizados para reducir el contenido de grasa y / o para mejorar el perfil de ácidos grasos (Muguerza *et al.*, 2004; Jiménez-Colmenero, 2007).

En algunos trabajos se han realizado embutidos, reemplazando parte de la grasa de cerdo por aceites ricos en ácidos grasos poliinsaturados como el de lino, pescado o el de soja (Valencia *et al.*, 2008; Asuming-Bediako *et al.*, 2014; Marchetti *et al.*, 2014). Sin embargo, los embutidos fermentados secos son uno de los productos cárnicos donde la reducción de la grasa es más difícil. Además de su aporte nutricional, la grasa contribuye a la calidad y aceptabilidad del producto final (sabor, textura, sensación en la boca, etc.). Por otro lado, la grasa granulada (visible) también tiene una función tecnológica en la elaboración del embutido, ya que facilita la liberación regular de humedad que ocurre durante el proceso de fermentación (Wirth, 1988). En consecuencia, una estrategia viable sería la de modificar positivamente el perfil de los ácidos grasos de las grasas que naturalmente se utilizan en la elaboración de estos embutidos, con la finalidad de que estos cambios se mantengan en el producto final, mejorando su calidad nutricional.

Para lograr introducir modificaciones en las características de los ácidos grasos de la carne porcina, existen diferentes alternativas. Entre ellas, se destaca la genética

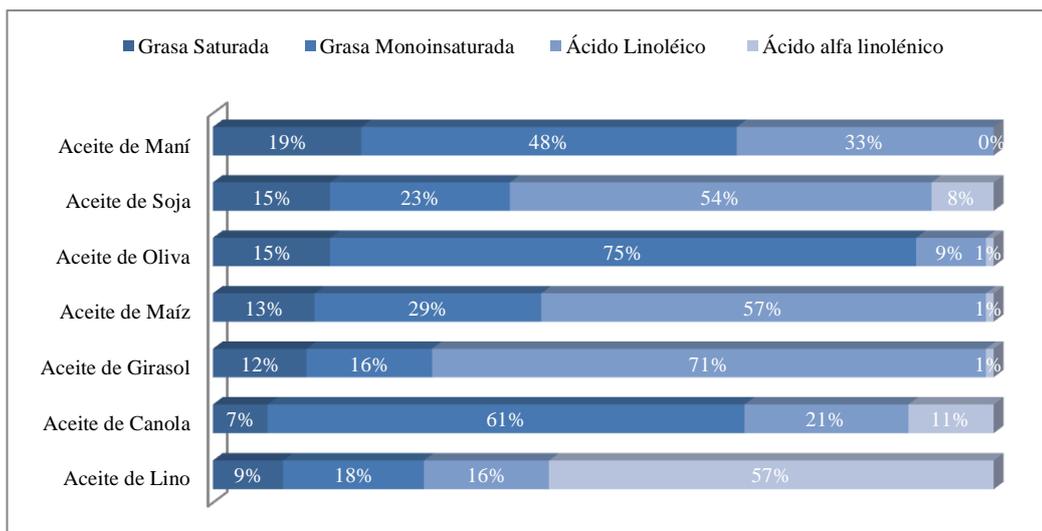
(Oliver, 1991) y la alimentación (Bote *et al.*, 1999) por su impacto directo sobre las propiedades cualitativas de la carne.

Es posible aumentar la concentración de ácidos grasos saludables ($\Omega 3$ y $\Omega 6$) en la carne porcina, alimentando a los cerdos con diferentes fuentes de grasas (Isabel *et al.*, 2003). Una fuente comercial de grasa saludable apta para el consumo de cerdos es el Lino (*Linum usitatissimum*), cuya tercera parte es aceite, de la cual el 50% es el ácido graso α -linolénico (ALA; 18:3; $\Omega 3$) que es el precursor de los ácidos grasos eicosapentaenoico (EPA; 20:5; $\Omega 3$) y docosahexaenoico (DHA; 22:6; $\Omega 3$) (Matthews *et al.*, 2000).

1- 4. La semilla de lino

El lino o linaza (*Linum usitatissimum*) es una planta herbácea que pertenece a la familia de las Lináceas. Es una especie anual que se cultiva en invierno. Existen principalmente dos tipos de lino, el lino oleaginoso, cultivado por su aceite seminal, y el lino textil, cultivado por las fibras de sus tallos. La altura de la planta varía desde los 25 cm en variedades oleaginosas hasta 150 cm en algunas variedades de lino textil. Sus hojas son sésiles, enteras y lineares. La inflorescencia es un corimbo con numerosas flores de cinco pétalos, llamativas por su color azul, que caen muy poco después de haberse abierto. El fruto es una cápsula redonda acuminada que contiene hasta diez semillas pequeñas, ovaladas de color castaño brillante (MINAGRI, 2006).

La semilla de lino tiene propiedades nutricionales y efectos potencialmente beneficiosos para la salud. Esto se debe a que posee entre un 30 y un 48% de aceite, y de un 20 a un 30% de proteína cruda. El aceite de lino es rico en ácidos grasos poliinsaturados principalmente por el ácido linolénico (C18:3) quien representa la mayor proporción, variando entre un 40 y un 68% del total de ácidos grasos. La torta resultante de la extracción del aceite se destina a la alimentación animal. La fibra del lino textil se utiliza tradicionalmente en la industria papelera y para confeccionar prendas de vestir, además de ser materia prima para una serie de compuestos que podrían reemplazar a diversos los plásticos sintéticos. La semilla de lino también tiene usos dietarios como fuente de ácidos poliinsaturados esenciales para la salud humana (MINAGRI, 2006).



Fuente: Morris, 2007.

Gráfico 2: Comparativo en ácidos grasos saturados e insaturados de diferentes grasas y aceites

En la actualidad, y gracias a la alta proporción de ácidos $\Omega 3$ de sus semillas, el lino está empleándose como suplemento en la alimentación animal para obtener productos bajos en colesterol.

1- 5. Ácidos grasos

Los ácidos grasos se clasifican por la longitud de su cadena en: ácidos grasos de cadena corta (4 a 6 carbonos), media (8 a 12 carbonos), larga (14 a 18 carbonos) y muy larga (20 o más), y por su grado de saturación en ácidos grasos saturados (AGS), monoinsaturados (AGMI) y poliinsaturados (AGPI). A su vez, los ácidos grasos poliinsaturados dan origen a tres familias según la ubicación del primer doble enlace con respecto al último átomo de carbono de la cadena (carbono omega), resultando así los $\Omega 3$, $\Omega 6$ y $\Omega 9$. De estos tres grupos los $\Omega 3$ y $\Omega 6$ son necesarios para las funciones vitales y sus precursores no pueden ser sintetizados por el organismo humano, por lo tanto se los considera ácidos grasos esenciales (Castro González, 2002).

Los ácidos grasos son componentes importantes de la dieta del hombre, ya que no sólo brindan un aporte energético y estructural al organismo, sino también cumplen funciones metabólicas específicas.

Dentro de los ácidos grasos que aportan los alimentos de origen animal se encuentran:

1- 5.1. Los ácidos grasos saturados:

En este grupo se destacan el Palmítico (C16:0), Esteárico (C18:0), Mirístico (C14:0), Pentadecanoico (C15:0), Araquídico (C20:0) y el Behénico (C22:0).

Entre otras funciones, los ácidos grasos saturados forman parte de la estructura de las membranas celulares. Un exceso de éstos en la dieta, produce efectos nocivos para la salud humana causando una alteración de la membrana celular, que aumenta su rigidez y disminuye su poder de intercambio con el medio (Ntambi, 1999). Por lo tanto, el colesterol no puede penetrar en la célula e incrementa su nivel en sangre y predispone a la formación de ateromas (depósito de lípidos que se produce en la capa interna de las arterias), cuyo efecto más inmediato es la obstrucción del flujo de la sangre. Por ello, las grasas saturadas y las hidrogenadas (*trans*), juntamente con el colesterol, se ubican dentro de las grasas indeseables, siendo las dos primeras generadoras de hipercolesterolemia y por consecuencia precursores de ateromas, en aquellos organismos donde los mecanismos homeostáticos no funcionan en forma adecuada (Nasiff-Hadad & Meriño-Ibarra, 2003). Por esta razón, existe una gran cantidad de alimentos de consumo masivo que no poseen colesterol en su composición, pero si ácidos grasos, cuyo efecto final es el aumento del colesterol en la sangre.

1- 5.2. Los ácidos grasos insaturados:

Dentro este grupo se encuentran los poliinsaturados, de los cuales algunos de ellos presentan funciones nutraceuticas específicas. Ellos son:

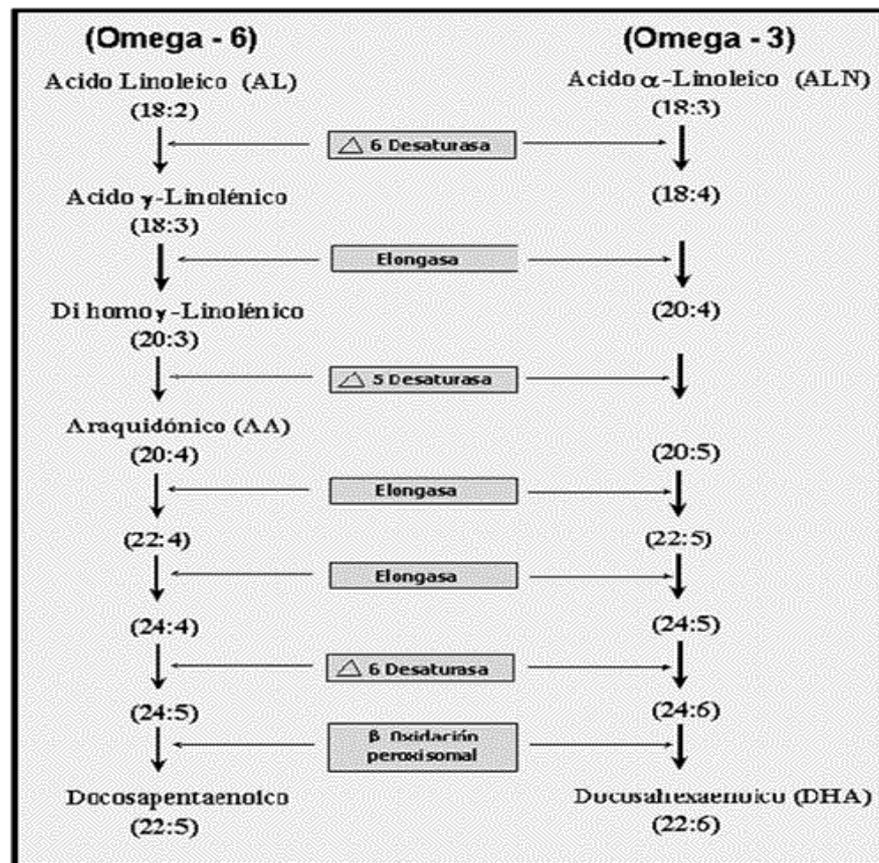
✓ *Los ácidos grasos $\Omega 6$* , que incluyen en orden de importancia, el Linoleico (C18:2) y el Araquidónico (C20:4) completando el resto de la familia el Eicosadienoico (C20:2), Linoleilaidico (C18:2), γ -Linolénico (C18:3), Eicosenoico (C20:1) y Docosadienoico (C22:2).

✓ *Los ácidos grasos $\Omega 3$* , se destacan por su mayor importancia el Linolénico (C18:3), el Eicosapentaenoico (C20:5) y el Docosahexaenoico (C22:6) completando la familia el Eicosatetraenoico (C20:4).

✓ *Ácido linoleico conjugado (CLA)*, está constituido por una mezcla compleja de isómeros del C18:2 con dobles enlaces conjugados en posición 8-10, 9-11, 10-12 y 11-13 con todas las combinaciones posibles de enlaces tipo *cis* y *trans* (c8-c10, t8-t10, c8-t10, t8-c10, c9-c11, t9-t11, c9-t11, t9-c11, c10-c12, t10-t12, c10-t12, t10-c12, c11-c13, t11-t13, c11-t13, t11-c13), (Bote *et al*, 2004).

Es sustancial destacar que los ácidos grasos que se valoran en la dieta, especialmente el ácido linoleico (AL) y el ácido α -linolénico (ALN), son precursores de las moléculas farmacológicamente activas, como es el ácido araquidónico (AA), el eicosapentaenoico (EPA) y docosahexaenoico (DHA). En síntesis, puede concluirse que la familia de los ácidos grasos con acciones nutraceuticas son los polinsaturados (CLA, $\Omega 6$ y $\Omega 3$) y cada uno de estos, con diferentes acciones farmacológicas. A continuación se presenta una breve descripción del metabolismo de estos ácidos grasos.

La digestión de las grasas en el hombre tiene lugar fundamentalmente en el duodeno. Aquí la grasa se emulsiona debido a la acción de las sales biliares liberadas, gracias a que la presencia de alimento en el duodeno se estimula la secreción de hormonas intestinales que producen la contracción de la vesícula biliar y la secreción de jugos del páncreas. Las sales biliares son potentes emulsificantes, debido a que una parte de la molécula es soluble en agua y otra parte lo es en grasa. Los movimientos del tracto intestinal, junto con el efecto detergente de las sales biliares, rompen los glóbulos de grasa aumentando la superficie de contacto entre la grasa y las lipasas pancreáticas encargadas de su hidrólisis. Los productos de la hidrólisis son fundamentalmente ácidos grasos libres y monoglicéridos (ocupando el ácido graso la posición 2). Los ácidos grasos libres y monoglicéridos deben incorporarse en micelas para poder ser absorbidos por difusión pasiva en la mucosa intestinal y volcarse al sistema linfático, luego al circulatorio hasta el interior de la célula. Una vez dentro de la célula, los ácidos grasos de la familia $\Omega 6$ y $\Omega 3$ sufren el proceso metabólico que se muestra en el siguiente esquema:



Fuente: Valenzuela & Nieto, 2003

Gráfico 3: Vía metabólica de los ácidos grasos Ω3 y Ω6

Como puede observarse, para lograr niveles adecuados de EPA, DHA y de AA que son en definitiva los que poseen verdaderamente acciones farmacológicas sobre la salud humana (Connor, 1999), es necesaria la ingestión diaria de sus precursores, que son el ácido α-linolénico (ALN) como Ω3 y el ácido linoleico como Ω6 respectivamente, o bien, utilizando la vía exógena de ingerir en forma directa estos elementos (AA, DHA ó EPA) con el alimento. Es importante destacar que en el metabolismo humano solo entre el 10 y 20% del ALN es sometido a procesos de elongación y de desaturación en el retículo plasmático y en los peroxisomal de las células hepáticas, transformándolo a EPA y DHA (de Vries *et al.*, 1997).

Debido a la competencia entre los AG Ω6 y Ω3 por las enzimas desaturasas y elongasas, y conociendo la mayor afinidad del ácido linoleico (Ω6) hacia éstas, es posible que se vea afectado el grado en el cual el ALN es convertido a EPA y DHA

dando esto como consecuencia, un desbalance a favor del ácido araquidónico con resultados negativos hacia la salud humana (Kris-Etherton *et al.*, 2000).

1- 5.3. Mecanismo de acción de los ácidos grasos con funciones nutraceuticas

- **Ácidos Grasos $\Omega 3$ y $\Omega 6$:** los productos finales del AL y ALN (AA, EPA y DHA), son mediadores celulares locales que dan origen a la producción de eicosanoides, hormonas que se ven involucradas en diferentes procesos fisiológicos, como son las prostaglandinas (PG), leucotrienos (LT) y tromboxanos (TX), (Simopoulos *et al.*, 1999).

Las PG cumplen funciones en la respuesta inflamatoria, regulación de la presión arterial, la función renal, inmunitaria, y de la contracción uterina entre otras. Los TX son responsables de la agregación plaquetaria, en tanto que los LT son importantes en el proceso inflamatorio y en la respuesta alérgica.

Los eicosanoides, que son generados por los ácidos grasos, pueden clasificarse en serie dos (2) y serie tres (3) (Simopoulos *et al.*, 1999). Los subíndices 2 y 3 señalan el ácido graso precursor. Los de serie 2 derivan del metabolismo de los $\Omega 6$ en especial del AA, mientras que los de serie 3 resultan del metabolismo celular de la familia de los $\Omega 3$ en especial del EPA y DHA. A su vez son inmunoestimuladores y no generan radicales libres que terminen con daño celular. Por lo contrario, el exceso de los de serie 2, provocan inmunosupresión por actuar en detrimento de los linfocitos T killer, disminuyendo así la fagocitosis de las células cancerígenas. De esta función surge la importancia de equilibrar los precursores de ambas series de eicosanoides en el alimento que se ingiere.

Por ello, se debe tener en cuenta la competencia existente entre los AG $\Omega 6$ y $\Omega 3$ por las enzimas desaturasas y elongasas que están implicadas en el proceso metabólico. Se conoce que existe una mayor afinidad del ácido linoleico ($\Omega 6$) hacia éstas, por tanto se ve afectado el grado en el cual el ALN es convertido a EPA y DHA dando esto como consecuencia, un desbalance a favor del AA con resultados negativos para la salud humana (Kris-Etherton *et al.*, 2000).

- **Ácido Linoleico Conjugado (CLA):** la complejidad estructural del CLA hace que resulte difícil identificar los isómeros concretos con actividad biológica. Es posible que sean varios los compuestos responsables, aunque hasta el momento, las investigaciones señalan que son dos los que tienen actividad biológica: el c9,t11 CLA y el t10,c12 CLA (Bote *et al.*, 2004).

1- 5.4. Algunas acciones farmacológicas conocidas de los ácidos grasos

Funciones en el desarrollo fetal y de los niños

Los AG $\Omega 3$ y su relación con los $\Omega 6$ cumplen diversas funciones estructurales en el cerebro y en la retina durante el desarrollo del feto. La placenta transporta selectivamente ácidos AA y DHA de la madre al feto. Esto produce un enriquecimiento de estos ácidos grasos en los lípidos circulantes del feto, lo cual es vital durante el tercer trimestre de gestación, momento en el cual el desarrollo del sistema nervioso es mayor. Se ha observado un incremento notable en el contenido de DHA en el tejido cerebral durante el tercer trimestre y después del nacimiento (Connor, 1996).

En niños amamantados o alimentados con fórmulas alimentarias que contienen DHA se ha observado una mayor agudeza visual y capacidad para responder a la luz, lo cual está asociado con una mejor habilidad cognitiva (aprendizaje) para integrar información, también se ha observado en ellos un desarrollo superior del coeficiente intelectual (Connor, 1996).

Sobre el sistema inmunológico

Los AG $\Omega 3$ son considerados por sus diversos efectos sobre los sistemas inmunológico y metabólico como apoyo en el tratamiento del VIA (virus de inmunodeficiencia adquirida) (Razzini & Baronzio, 1993).

Los efectos del CLA sobre el sistema inmune constituyen conocimientos más recientes. Estos se refieren principalmente al estímulo que ejerce en la síntesis de IgA, IgG, IgM y a la disminución significativa de los niveles de IgE, por lo cual se presume que estos ácidos grasos podrían tener efectos favorables en la prevención o tratamiento de ciertas alergias alimentarias (Sugano *et al.*, 1998).

Algunos autores demostraron un efecto anticancerígeno específico de los extractos de carne vacuna, identificando al CLA como el elemento responsable (Pariza & Ha, 1990) con un efecto potenciador en la acción de los linfocitos T mejorando la respuesta inmune (Tricon *et al.*, 2004).

Sobre el sistema nervioso

Los AG $\Omega 3$ son esenciales para un adecuado desarrollo y funcionamiento del sistema nervioso. Se concentran en la retina y en la corteza cerebral, teniendo la capacidad de corregir problemas visuales y cerebrales en pacientes con deficiencia demostrada. Muchos aspectos de ubicación, ansiedad, habilidad en el aprendizaje y memoria se ven favorecidos por el consumo de $\Omega 3$ como así también la función retinal, ya que ésta, se constituye en sus dos terceras partes por $\Omega 3$, principalmente DHA, también son precursores de compuestos hormonales como los prostanoides (prostaglandinas y tromboxanos) que facilitan la transmisión de mensajes en el sistema nervioso central (Simopoulos *et al.*, 1999).

Otra relación entre el DHA y la función cerebral ha sido hallada en el patrón de organización del sueño en los niños. Un bajo consumo de DHA resulta en menos ondas lentas de sueño, que sirven como un indicador de la maduración y desarrollo del sistema nervioso central (SNC) (Connor, 1996).

Se sostiene que los $\Omega 3$ están relacionados con problemas de depresión y violencia. Se ha demostrado que el DHA dietario tiene efectos protectores contra un aumento en la hostilidad en estudiantes bajo condiciones de estrés (Hibbeln, 1997).

Bajas concentraciones de DHA son un indicador útil para predecir mayores problemas de conducta en niños a quienes se les ha diagnosticado el trastorno de déficit de atención con hiperactividad (TDAH). Estos problemas pueden ser un reflejo, en parte, de aquellos en la neurotransmisión serotoninérgica (Hibbeln & Salem, 1995; Hibbeln, 1997).

Sobre el sistema cardiovascular

Los AG $\Omega 3$ tienen efectos antitrombóticos y antiarrítmicos, aumentan el tiempo de sangrado evitando la adherencia de plaquetas en las arterias, previene la aterosclerosis

(engrosamiento y pérdida de elasticidad de la pared arterial) al reducir las concentraciones de colesterol en plasma. Son útiles en pacientes hipertensos, ya que contribuyen a bajar la presión sanguínea y reducen el colesterol total. (Simopoulos *et al.*, 1999).

En modelos experimentales de hipercolesterolemia, el CLA ha demostrado producir disminución de los niveles plasmáticos de colesterol y de los triglicéridos. Estas respuestas son muy similares a las que se obtienen con los $\Omega 3$, aunque el CLA no pertenece a esta serie de ácidos grasos (Nicolisi *et al.*, 1996).

Sobre el control de peso

Estudios realizados con personas con sobrepeso, o que eran obesas, han demostrado que la ingestión diaria de 3,4 g de CLA produjo una disminución de la masa grasa total (Blankson *et al.*, 2000). La información obtenida respecto al efecto del CLA en la reducción del peso corporal sugiere que éstos producirían una activación de la lipólisis (Clouet *et al.*, 2001).

Como antioxidante

Estudios realizados in vitro, han demostrado que el CLA neutraliza los radicales libres (peróxidos), lo cual es atribuible a una actividad antioxidante. Además, se sostiene que los ácidos grasos $\Omega 3$ tienen efectos benéficos y terapéuticos sobre la diabetes tipo dos (2), cáncer, colitis ulcerativa, enfermedad de Crohn (inflamación crónica del tracto gastrointestinal), obstrucción pulmonar crónica, patología renal, antiateroscleróticas (Hernández *et al.*, 2005), psoriasis y artritis reumatoide (Harbige, 1998; Connor, 1999; Simopoulos *et al.*, 1999; Kremer 2000).

1- 5.5. Niveles recomendados para la dieta humana

Las recomendaciones de la cantidad de consumo de los ácidos grasos $\Omega 3$ y su relación con los $\Omega 6$ son variadas. La OMS recomienda una proporción de 5-10:1, las sugerencias suecas son de 5:1 mientras que Japón, sugiere una relación de 4:1 a 2:1 (OMS, 1997) quedando en evidencia que las más favorables son las que se acercan a 1:1 (Castro González, 2002). Otros autores recomiendan medir el consumo individual de ALA, EPA y DHA (Simopoulos *et al.*, 1999). Es importante recordar, que sólo con la

ingesta de un alimento con óptima relación de ácidos grasos, no se garantiza un equilibrio interno adecuado por lo complejo del metabolismo en cuestión. Hay trabajos que demuestran que una hiperinsulinemia provocada por un alto consumo de hidratos de carbono, estimularía la D5D (enzima desaturasa) acrecentando de forma endógena el AA ($\Omega 6$) y por consecuencia los eicosanoides de serie 2, dando origen a la denominada Inflamación Crónica Silenciosa (Lehrke & Lazar, 2004).

Varios autores han utilizado la semilla de lino o su aceite como fuente de ácido graso $\Omega 3$ para mejorar la calidad nutracéutica de los alimentos. Romans *et al.* (1995); Van Oeckel *et al.* (1997); Specht-Overholt *et al.* (1997); Matthews *et al.* (2000); Enser *et al.*, (2000) y Haak *et al.* (2008), han utilizado semilla de lino en la alimentación de los cerdos para aumentar los niveles de $\Omega 3$ en sus perfiles de ácidos grasos. Por otro lado Fontanillas *et al.* (1998); D'Arrigo *et al.* (2002) y Hoz *et al.* (2003), utilizaron aceite de lino mezclado con el alimento para la alimentación de cerdos mientras que López-Ferrer *et al.* (2001) lo utilizaron para la alimentación de pollos. Otra alternativa fue la propuesta por Ansorena & Astiasaran (2004) y Valencia *et al.* (2006), quienes en lugar de utilizar el aceite de lino en la alimentación animal, lo utilizaron para reemplazar parte de la grasa animal en la elaboración de Chorizo de Pamplona. En todos estos casos, el reemplazo de parte de la grasa por aceites vegetales pre-emulsionados favoreció la pérdida de grasa por goteo debido a la baja estabilidad de la emulsión, y generó productos diferenciados del proceso tradicional de elaboración del embutido.



CAPÍTULO 2

HIPÓTESIS Y OBJETIVOS

2-1. Hipótesis

La incorporación de semillas de lino en la alimentación de los cerdos, produce cambios en su perfil de ácidos grasos, que se mantienen durante el proceso de elaboración, permitiendo producir salames con algunas características nutraceuticas.

2-2. Objetivo general

Mejorar las características nutraceuticas de salames caseros, mediante la incorporación de semillas de lino en la dieta de los cerdos.

2-3. Objetivos específicos

- Medir los indicadores físicos de producción en los diferentes tratamientos.
- Determinar los perfiles de ácidos grasos de la grasa intramuscular, dorsal y de los salames.
- Evaluar la aceptación por parte del consumidor del producto final elaborado.



CAPÍTULO 3
MATERIALES Y MÉTODOS

3- 1. Diseño experimental

El trabajo de campo se llevó a cabo en la Estación Experimental Agropecuaria del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) Marcos Juárez, provincia de Córdoba. Se utilizaron 36 cerdos del mismo sexo (machos castrados) con un peso inicial de 50-55 Kg. Estos animales provenían de las progenies de los cruzamientos de cerdas madres híbridas del Programa Genético de INTA inseminadas con una misma línea genética de padrillos terminales. Los cerdos fueron distribuidos al azar en 12 grupos de 3 animales cada uno. Cada grupo fue criado y engordado durante 65 días hasta un peso de faena de 110-115 kg, en boxes (pista de engorde) con piso de plástico y una superficie por animal de 1m². Cada box tenía un comedero tipo tolva con alimento y agua *ad libitum*.

3- 2. Tratamientos

El trabajo fue diseñado para evaluar el efecto de tres dietas isoproteicas diferenciadas en el nivel de inclusión de semilla de lino, con cuatro repeticiones de cada uno. Los animales fueron asignados de manera aleatoria a cada grupo experimental:

T0: Alimento terminación, sin semilla de lino

T5: Alimento terminación con inclusión de 5% semillas de lino molida

T10: Alimento terminación con inclusión de 10% semillas de lino molida

Tabla 1: Composición en MS del alimento balanceado de cada tratamiento

	T0	T5	T10
Maíz	73	70	67
Expeller de soja	25	23	21
Lino	0	5	10
Pre mezcla	2	2	2
Extracto Etéreo	4,07	5,53	6,38
Proteína	16,14	16,22	16,29
Lisina	0,71	0,68	0,66
Metionina/Cisteína	0,44	0,46	0,47

Valores expresados en porcentaje de MS (%)

Tabla 2: Perfil de ácidos grasos del alimento balanceado de cada tratamiento

Ácidos grasos	T0	T5	T10
14:0	0,034	0,400	0,039
14:1	0,000	0,000	0,000
15:0	0,018	0,018	0,022
15:1	0,006	0,009	0,010
16:0	11,904	10,540	9,540
16:1	0,115	0,101	0,100
17:0	0,073	0,080	0,076
17:1	0,026	0,038	0,033
18:0	3,626	4,229	4,752
18:1	0,029	0,037	0,320
18:1 Ω9	28,402	27,600	25,762
18:2 Ω6	50,370	41,993	36,141
18:3 Ω3	4,282	14,370	22,517
20:0	0,568	0,404	0,505
20:2 Ω6	0,025	0,120	0,029
20:3 Ω6	0,000	0,000	0,004
20:3 Ω3	0,036	0,038	0,036
20:4 Ω6	0,000	0,000	0,000
20:5 Ω3	0,000	0,000	0,000
21:0	0,189	0,126	0,153
22:1 Ω9	0,028	0,025	0,034
22:2 Ω6	0,000	0,029	0,000
22:5 Ω3	0,000	0,002	0,000
22:6 Ω3	0,000	0,004	0,000
24:0	0,221	0,277	0,181
24:1 Ω9	0,023	0,009	0,017
AGS	16,633	30,318	37,632
AGMI	28,629	27,819	26,276
AGPI	54,713	42,312	36,363
Ω3	4,32	14,41	22,55
Ω6	50,40	42,14	36,17
Ω6/Ω3	11,67	2,92	1,60

Valores expresados en porcentaje (%)

AGS: Σ (14:0, 15:0, 16:0, 17:0, 18:0, 20:0, 21:0; 24:0)

AGMI: Σ (14:1, 15:1, 16:1, 17:1, 18:1, 18:1 Ω9, 22:1 Ω9, 24:1 Ω9)

AGPI: Σ (18:2 Ω6, 18:3 Ω3, 20:2 Ω6, 20:3 Ω6, 20:3 Ω3, 20:4 Ω6, 20:5 Ω3, 22:2 Ω6, 22:5 Ω3, 22:6 Ω3)

Ω3: Σ (18:3 Ω3, 20:3 Ω3, 20:5 Ω3, 22:5 Ω3, 22:6 Ω3)

Ω6: Σ (18:2 Ω6, 20:2 Ω6, 20:3 Ω6, 20:4 Ω6, 22:2 Ω6)

Durante el desarrollo del experimento, se realizaron pesadas grupales (por boxes) de los animales cada 15 días y se midió el consumo de alimento por boxes para determinar los indicadores productivos tales como:

- *Evolución de peso*: peso de los animales al comienzo y al final del tratamiento (kg de peso vivo).
- *Aumento de peso diario*: diferencia entre el peso final e inicial dividido los días que duró el tratamiento (kg/día).
- *Consumo diario*: cantidad de MS consumida durante el tratamiento dividido los días que duró el tratamiento (kg MS alimento/animal/día).
- *Conversión alimenticia*: cantidad de MS consumida durante el tratamiento dividido la cantidad de kilogramos de peso vivo producido (diferencia entre el peso vivo final e inicial) (kg MS alimento/kg peso vivo).

Una vez alcanzado el peso de faena, se seleccionaron al azar dos animales de cada grupo experimental (3 tratamiento y 4 repetición) totalizando 24 animales, los cuales fueron sacrificados y procesados en planta frigorífica Frideco S.A. de la localidad de Totoras (Santa Fe) donde se obtuvieron las muestras de tejidos. De cada animal se obtuvo todo el músculo *Longissimus dorsi* (LD) y toda la grasa subcutánea que lo recubre. Gran parte del músculo y de la grasa fue utilizada para la elaboración de los salames y la otra parte restante para los análisis de laboratorio.

3- 3. Determinación del perfil de ácidos grasos

La determinación de los perfiles de ácidos grasos, se realizó mediante cromatografía gaseosa de los ésteres metílicos con un cromatógrafo Shimadzu GC-2010, a partir de los diferentes extractos de grasa (proveniente del alimento balanceado, grasa intramuscular del músculo *Longissimus dorsi*, grasa dorsal y grasa de los salames) obtenidos por el método de Folch *et al.* (1957). Se cuantificaron los siguientes ácidos grasos:

Ácido graso	
Mirístico	14:0
Miristoleico	<i>cis</i> 14:1
Pentadecanoico	15:0
Pentadecenoico	<i>cis</i> 15:1
Palmitico	16:0
Palmitoleico	<i>cis</i> 16:1
Heptadecanoico	17:0
Heptadecenoico	<i>cis</i> 17:1
Estearico	18:0
Eláidico	<i>trans</i> 18:1
Oleico	<i>cis</i> 18:1 Ω9
Linoleláidico	<i>trans</i> 18:2
Linoleico	<i>cis</i> 18:2 Ω6
α-Linolénico	<i>cis</i> 18:3 Ω3
Araquídico	20:0
Eicosadienoico	<i>cis</i> 20:2 Ω6
Eicosatrienoico	<i>cis</i> 20:3 Ω6
Eicosatrienoico	<i>cis</i> 20:3 Ω3
Araquidónico	<i>cis</i> 20:4 Ω6
Eicosapentaenoico	<i>cis</i> 20:5 Ω3
Heneicosanoico	21:0
Erucico	<i>cis</i> 22:1 Ω9
Docosadienoico	<i>cis</i> 22:2 Ω6
Docosapentaenoico	<i>cis</i> 22:5 Ω3
Decosahexaenoico	<i>cis</i> 22:6 Ω3
Lignocérico	24:0
Nervónico	<i>cis</i> 24:1 Ω9

3- 4. *Elaboración de los salames*

La elaboración de los salames se realizó en el establecimiento “El Artesano” de la ciudad de Marcos Juárez, utilizando una receta propia del lugar cuya proporción de carne y tocino es:

- ✓ Carne de cerdo magra (80%),
- ✓ Tocino de cerdo (20%),

En base al 100% de la materia prima mencionada se utilizó la siguiente proporción de condimentos y especias:

- ✓ Sal (2%),

- ✓ Pimienta (0,2%),
- ✓ Nuez moscada (0,2%),
- ✓ Especies surtidas (0,1%),
- ✓ Azúcar (0,5%),
- ✓ Fosfato 600 (Polifosfatos, Azúcares reductores, Antioxidantes) (0,5%),
- ✓ Vino tinto aromatizado con ajo y clavo de olor (1%).

La selección de la carne se realizó de manera que contenga la menor cantidad posible de tejido graso y conectivo. Luego se procedió al molido de la misma con una picadora eléctrica con una grilla de corte de 10 mm de diámetro. El tocino se cortó en cubos de 5 mm de lado con una tocinera eléctrica.

Una vez listos todos los ingredientes, se procedió al mezclado de los mismos y posterior amasado del pastón. Dicho amasado se realizó de manera manual ya que la cantidad elaborada no era suficiente para la utilización de la amasadora eléctrica.

El embutido se realizó con embutidora hidráulica en tripa sintética de colágeno de 50 mm de diámetro. Posteriormente, se realizó el atado de los bastones. El secado se llevó a cabo en un secadero automático cuyo proceso estaba compuesto por dos etapas:

1. Fermentación: temperatura de 24-26°C con una humedad relativa de 90-95% durante 24 Hs.
2. Secado - Maduración: temperatura de 13-15°C con una humedad relativa de 75-80% durante 20 días.

3- 5. Pruebas de preferencia

Posteriormente se envasaron al vacío las muestras que iban a ser destinadas para análisis bioquímico, y el resto se utilizó para la evaluar las propiedades organolépticas mediante una Prueba de Preferencia con un público general (Ramírez-Navas, 2012), con el objetivo de determinar si el producto final tenía aceptación por el consumidor.

La prueba de preferencia se llevó a cabo en la Estación Experimental Agropecuaria de Marcos Juárez, utilizando como encuestados al personal de trabajo de la institución, completándose un total de 96 encuestas. La prueba consistió en lo siguiente:

El encuestado ingresaba a una habitación cerrada donde estaban las tres muestras de salames correspondientes a los tratamientos T0, T5 y T10 codificadas por un número de tres cifras al azar. El encuestado debía hacer una observación visual de los salames y ordenarlos de manera ascendente de acuerdo a uno de los atributos presentes, en este caso el color de la grasa visible (menos blanca – intermedio – más blanca). Luego de la observación, siguió la degustación y posterior ordenamiento ascendente de acuerdo a su preferencia (me agrada menos – intermedio – me agrada más). Entre muestra y muestra de la degustación, el encuestado debía quitarse el sabor de la muestra anterior mediante la ingesta de galletitas y agua mineral a temperatura ambiente.

3- 6. Análisis estadístico

El modelo estadístico utilizado para analizar los indicadores físicos de producción fue de un criterio de clasificación, con tres tratamientos y cuatro repeticiones espaciales (boxes) de cada uno de ellos, representado por la siguiente ecuación:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \varepsilon_{ij}$$

Donde:

Y_{ij} = Estimación de la variable respuesta para el tratamiento i y el box j

μ = Media General

τ_i = Efecto del tratamiento i (i: 1, 2, 3)

ε_{ij} = Error experimental para el box j del tratamiento i

Mientras que para el análisis de los perfiles de ácidos grasos el modelo estadístico utilizado fue de un criterio de clasificación, con tres tratamientos y ocho repeticiones (animales) de cada uno de ellos, representado por la siguiente ecuación:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \varepsilon_{ij}$$

Donde:

Y_{ij} = Estimación de la variable respuesta para el tratamiento i y el animal j

μ = Media General

τ_i = Efecto del tratamiento i (i: 1, 2, 3)

ε_{ij} = Error experimental para el animal j del tratamiento i

Para la comparación estadística de los ácidos grasos de la carne, se tomó como unidad experimental a cada uno de los animales de los tratamientos luego de verificar la ausencia de interacción entre individuos y repetición. Esto permitió aumentar el “n” muestral y los grados de libertad del modelo.

El estudio de la información se realizó utilizando análisis de varianza (ANAVA) y test de comparaciones múltiples de Fisher (LSD) con un alfa de 0,05, comprobando previamente que la distribución de las variables sea normal.

Para la prueba de preferencia, una vez obtenido los resultados, se determinaron las frecuencias para el color de grasa “más blanca” dentro del atributo color de grasa y “me agrada más” para la preferencia. Luego se realizó un análisis de la variancia no paramétrico utilizando la prueba de Friedman como test estadístico para determinar efectos de los tratamientos sobre los atributos. Para analizar un eventual efecto de interacción entre los atributos analizados se realizó un análisis Chi-cuadrado de Pearson. El software estadístico utilizado fue InfoStat 2015 (Di Rienzo *et al.*, 2015).



CAPÍTULO 4

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4-1. Indicadores físicos de producción

En la tabla 3 se muestran los indicadores físicos de los diferentes tratamientos.

Tabla 3: Indicadores físicos de los tres tratamientos

<i>Indicadores físicos</i>	<i>T0</i>	<i>T5</i>	<i>T10</i>
Peso Inicial (kg)	53,69 ± 1,75 a	54,31 ± 1,75 a	52,98 ± 1,75 a
Peso Final (kg)	114,08 ± 3,62 a	110,49 ± 3,62 a	106,25 ± 3,62 a
Aumento medio diario (kg/día)	0,93 ± 0,03 a	0,92 ± 0,03 a	0,87 ± 0,03 a
Conversión alimenticia	2,90 ± 0,02 a	3,05 ± 0,02 b	3,02 ± 0,02 b
Consumo medio diario (kg)	2,70 ± 0,05 a	2,78 ± 0,06 a	2,65 ± 0,06 a

Dentro de cada fila, letras iguales indican que no existen diferencias significativas ($p \leq 0,05$)

En la tabla 4 se observa la media general de los índices físicos de los tres tratamientos. El consumo del alimento balanceado promedio en los tres tratamientos fue de 176,15 kg en todo el período de engorde, lo que representa 2,71 kg de alimento por animal por día.

Tabla 4: Indicadores físicos promedio de los tres tratamientos

<i>Indicadores físicos</i>	<i>Valor promedio</i>
Conversión alimenticia	2,99
Peso Inicial (kg)	53,66
Peso Final (kg)	110,27
Tiempo de engorde (días)	65
Consumo total de alimento (kg)	176,15
Consumo diario (kg)	2,71

Según los resultados obtenidos en este experimento (tabla 3) no se encontraron diferencias estadísticamente significativas en el aumento medio diario y consumo medio diario de alimento, mientras que los valores de conversión alimenticia fueron diferentes ($p < 0,05$), siendo el mejor valor como indicador de producción el correspondiente al T0.

Los resultados obtenidos de aumento medio diario, conversión alimenticia y consumo medio diario, coinciden parcialmente con lo informado por Matthews *et al.* (2000), quienes utilizaron una inclusión de lino de 0, 5 y 10% equivalentes a T0, T5 y

T10 del presente estudio, durante un período de 65 días. Estos autores encontraron diferencias en el consumo, aunque no en la conversión de alimentos ($p > 0,05$). La falta de coincidencias probablemente se deban a que la fase de engorde de los animales fue diferente (de 30 a 77-87 kg en Matthews *et al.* (2000) y de 53 a 110 kg en el presente trabajo).

4-2. Análisis químico de la grasa intramuscular

En la tabla 5 se muestra el resultado del análisis químico de la grasa intramuscular de los cerdos correspondiente a cada tratamiento.

Tabla 5: Perfil de ácidos grasos de la grasa intramuscular según tratamientos

Ácidos grasos	T0 n = 8	T5 n = 8	T10 n = 8	p
14:0	1,01 ± 0,05 a	0,94 ± 0,05 a	0,94 ± 0,05 a	0,5700
14:1	5,1x10 ⁻³ ± 1,7x10 ⁻³ a	7,6x10 ⁻³ ± 1,7x10 ⁻³ a	1,5x10 ⁻² ± 1,7x10 ⁻³ b	0,0015
15:0	0,63 ± 0,10 a	0,87 ± 0,10 ab	0,98 ± 0,10 b	0,0611
15:1	3,1x10 ⁻³ ± 8,4x10 ⁻⁴ a	4,4x10 ⁻³ ± 8,4x10 ⁻⁴ a	0,01 ± 8,4x10 ⁻⁴ b	0,0005
16:0	24,18 ± 0,50 a	23,49 ± 0,50 a	22,95 ± 0,50 a	0,2433
16:1	2,51 ± 0,16 a	2,53 ± 0,16 a	2,25 ± 0,16 a	0,3960
17:0	0,54 ± 0,05 a	0,66 ± 0,05 ab	0,78 ± 0,05 b	0,0124
17:1	0,20 ± 0,02 a	0,20 ± 0,02 a	0,20 ± 0,02 a	0,9168
18:0	11,32 ± 0,33 a	11,03 ± 0,33 a	10,90 ± 0,33 a	0,6465
18:1	0,16 ± 0,01 a	0,10 ± 0,01 b	0,09 ± 0,01 b	0,0003
18:1	43,72 ± 1,03 a	40,86 ± 1,03 ab	39,26 ± 1,03 b	0,0188
18:2	11,83 ± 0,95 a	14,23 ± 0,95 ab	15,35 ± 0,95 b	0,0445
18:3	0,67 ± 0,12 a	1,54 ± 0,12 b	2,52 ± 0,12 c	<0,0001
20:0	0,18 ± 0,01 a	0,16 ± 0,01 a	0,16 ± 0,01 a	0,1854
20:2	0,45 ± 0,03 a	0,44 ± 0,03 a	0,43 ± 0,03 a	0,8767
20:3	0,17 ± 0,02 a	0,22 ± 0,02 a	0,22 ± 0,02 a	0,1439
20:3	0,12 ± 0,02 a	0,25 ± 0,02 b	0,36 ± 0,02 c	<0,0001
20:4	1,17 ± 0,14 a	1,38 ± 0,14 a	1,45 ± 0,14 a	0,3603
20:5	0,05 ± 0,02 a	0,16 ± 0,02 b	0,28 ± 0,02 c	<0,0001
21:0	0,78 ± 0,04 a	0,57 ± 0,04 b	0,52 ± 0,04 b	0,0002
22:1	0,05 ± 0,01 a	0,06 ± 0,01	0,05 ± 0,01 a	0,6117
22:2	0,01 ± 2,0 x10 ⁻³ a	0,02 ± 2,0 x10 ⁻³ b	0,03 ± 2,0 x10 ⁻³ c	<0,0001
22:5	0,17 ± 0,02 a	0,17 ± 0,02 a	0,15 ± 0,02 a	0,6660
22:6	0,03 ± 0,01 a	0,04 ± 0,01 a	0,04 ± 0,01 a	0,7092
24:0	0,01 ± 1,7 x10 ⁻³ a	0,02 ± 1,7 x10 ⁻³ b	0,03 ± 1,7 x10 ⁻³ c	<0,0001
24:1	2,8x10 ⁻³ ± 1,8 x10 ⁻³ a	7,0 x10 ⁻³ ± 1,8 x10 ⁻³ a	1,4 x10 ⁻³ ± 1,8 x10 ⁻³ b	0,0012
AGS	38,66 ± 0,77 a	37,75 ± 0,77 a	37,26 ± 0,77 a	0,4443

AGMI	46,66 ± 1,12 a	43,78 ± 1,12 ab	41,89 ± 1,12 b	0,0219
AGPI	14,68 ± 1,16 a	18,47 ± 1,16 b	20,85 ± 1,16 b	0,0041
Ω3	1,04 ± 0,14 a	2,16 ± 0,14 b	3,36 ± 0,14 c	<0,0001
Ω6	13,63 ± 1,05 a	16,30 ± 1,05 ab	17,48 ± 1,05 b	0,0476
Ω6/Ω3	13,55 ± 0,54 a	7,60 ± 0,54 b	5,23 ± 0,54 c	<0,0001

Valores expresados en porcentajes

4-3. Análisis químico de la grasa dorsal

En la tabla 6 se muestra el resultado del análisis químico de la grasa dorsal de los cerdos correspondiente a cada tratamiento.

Tabla 6: Perfil de ácidos grasos de la grasa dorsal según tratamientos

Ácidos grasos	T0 n = 8	T5 n = 8	T10 n = 8	p
14:0	0,96 ± 0,06 a	1,01 ± 0,06 a	0,85 ± 0,06 a	0,1509
14:1	6,3x10 ⁻⁴ ± 4,0 x10 ⁻⁴ a	7,5 x10 ⁻⁴ ± 4,0 x10 ⁻⁴ a	2,5 x10 ⁻⁴ ± 4,0 x10 ⁻⁴ a	0,6604
15:0	0,06 ± 0,05 a	0,16 ± 0,05 a	0,06 ± 0,05 a	0,3576
15:1	1,3 x10 ⁻³ ± 3,2 x10 ⁻⁴ a	1,3 x10 ⁻³ ± 3,2 x10 ⁻⁴ a	1,0 x10 ⁻³ ± 3,2 x10 ⁻⁴ a	0,8156
16:0	21,51 ± 0,56 a	21,13 ± 0,56 a	19,08 ± 0,56 b	0,0127
16:1	1,33 ± 0,19 a	1,59 ± 0,19 a	1,12 ± 0,19 a	0,2489
17:0	0,39 ± 0,04 a	0,40 ± 0,04 a	0,39 ± 0,04 a	0,9419
17:1	0,25 ± 0,02 a	0,26 ± 0,02 a	0,24 ± 0,02 a	0,6109
18:0	11,04 ± 0,37 a	10,00 ± 0,37 a	10,32 ± 0,37 a	0,1574
18:1	0,11 ± 0,01 a	0,09 ± 0,01 a	0,10 ± 0,01 a	0,1188
18:1	37,62 ± 0,78 a	37,18 ± 0,78 a	36,16 ± 0,78 a	0,4159
18:2	22,46 ± 0,97 a	21,78 ± 0,97 a	22,36 ± 0,97 a	0,8672
18:3	1,69 ± 0,24 a	3,77 ± 0,24 b	6,20 ± 0,24 c	<0,0001
20:0	0,21 ± 0,01 a	0,21 ± 0,01 a	0,19 ± 0,01 a	0,5372
20:2	0,91 ± 0,05 a	0,71 ± 0,05 b	0,81 ± 0,05 ab	0,0305
20:3	0,10 ± 0,01 a	0,10 ± 0,01 a	0,08 ± 0,01 a	0,2591
20:3	0,24 ± 0,08 a	0,52 ± 0,08 b	0,71 ± 0,08 b	0,0010
20:4	0,25 ± 0,07 a	0,35 ± 0,07 a	0,22 ± 0,07 a	0,4257
20:5	0,01 ± 0,01 a	0,04 ± 0,01 b	0,04 ± 0,01 b	0,0159
21:0	0,67 ± 0,04 a	0,52 ± 0,04 b	0,56 ± 0,04 ab	0,0313
22:1	0,02 ± 2,9 x10 ⁻³ a	0,02 ± 2,9 x10 ⁻³ a	0,02 ± 2,9 x10 ⁻³ a	0,7491
22:2	0,01 ± 1,3 x10 ⁻³ a	0,02 ± 1,3 x10 ⁻³ b	0,03 ± 1,3 x10 ⁻³ c	<0,0001
22:5	0,09 ± 0,01 a	0,07 ± 0,01 b	0,05 ± 0,01 b	0,0013
22:6	0,02 ± 1,6 x10 ⁻³ a	0,02 ± 1,6 x10 ⁻³ a	0,02 ± 1,6 x10 ⁻³ a	0,7223
24:0	0,01 ± 1,6 x10 ⁻³ a	0,02 ± 1,6 x10 ⁻³ b	0,03 ± 1,6 x10 ⁻³ c	<0,0001
24:1	5,0 x10 ⁻⁴ ± 8,6 x10 ⁻⁴ a	3,0 x10 ⁻³ ± 8,6 x10 ⁻⁴ a	2,8E ⁻³ ± 8,6 x10 ⁻⁴ a	0,0996
AGS	34,86 ± 0,83 a	33,44 ± 0,83 ab	31,46 ± 0,83 b	0,0280

AGMI	39,35 ± 0,92 a	39,15 ± 0,92 a	37,64 ± 0,92 a	0,3738
AGPI	25,79 ± 1,17 a	27,38 ± 1,17 ab	30,53 ± 1,17 b	0,0283
Ω3	2,05 ± 0,26 a	4,42 ± 0,26 b	7,02 ± 0,26 c	<0,0001
Ω6	23,75 ± 0,94 a	22,96 ± 0,94 a	23,50 ± 0,94 a	0,8344
Ω6/Ω3	11,62 ± 0,20 a	5,40 ± 0,20 b	3,36 ± 0,20 c	<0,0001

Valores expresados en porcentaje

Los resultados de los análisis químicos tanto de la grasa intramuscular como la grasa dorsal, muestran que a medida que se incrementó la participación de semilla de lino en las dietas, se marcó la siguiente tendencia relacionada con la calidad nutraceutica:

- Aumento en el contenido de AGPI
- Aumento en el contenido de Ω3
- Disminución en la relación Ω6/Ω3

Comparando éstos resultados con los de Matthews *et al.* (2000), existe coincidencia en cuanto al contenido del ácido linolénico (18:3) tanto en la grasa intramuscular como en la grasa dorsal. A medida que aumentó el nivel de inclusión de lino, hubo un aumento en el contenido del ácido linolénico.

Huang *et al.* (2008), utilizaron una inclusión de 0 y 10% de semillas de lino equivalente a T0 y T10 en este trabajo, con diferentes tiempos de alimentación previa a la faena de los animales (0, 30, 60 y 90 días) y evaluaron la grasa intramuscular, masa muscular y composición de ácidos grasos de la carne. El perfil de ácidos grasos obtenidos en la grasa intramuscular del músculo *Longissimus dorsi* y en la grasa dorsal del presente trabajo resultan acordes y muestran la misma tendencia mencionada anteriormente, a los obtenidos por Huang *et al.* (2008) para el período de alimentación de 65 días.

4-4. Análisis químico de los salames

En la tabla 7 se muestra el resultado del análisis químico de los salames correspondiente a cada tratamiento.

Tabla 7: Perfil de ácidos grasos de los salames según tratamientos

Ácidos grasos	T0	T5	T10	p
14:0	1,32 ± 0,05 a	1,18 ± 0,05 ab	1,07 ± 0,05 b	0,0222
14:1	2,5 x10 ⁻⁴ ± 2,6 x10 ⁻⁴ a	2,5 x10 ⁻⁴ ± 2,6 x10 ⁻⁴ a	5,0 x10 ⁻⁴ ± 2,6 x10 ⁻⁴ a	0,7479
15:0	0,17 ± 0,01 a	0,16 ± 0,1 a	0,13 ± 0,01 b	0,0289
15:1	2,5 x10 ⁻⁴ ± 2,5 x10 ⁻⁴ a	7,5 x10 ⁻⁴ ± 2,5 x10 ⁻⁴ a	2,5 x10 ⁻⁴ ± 2,5 x10 ⁻⁴ a	0,3111
16:0	22,71 ± 0,14 a	21,83 ± 0,14 b	20,34 ± 0,14 c	<0,0001
16:1	2,09 ± 0,08 a	1,73 ± 0,08 b	1,45 ± 0,08 c	0,0015
17:0	0,39 ± 0,02 a	0,39 ± 0,02 a	0,35 ± 0,02 a	0,4312
17:1	0,27 ± 0,01 a	0,24 ± 0,01 b	0,23 ± 0,01 b	0,0055
18:0	9,91 ± 0,25 a	10,40 ± 0,25 a	9,85 ± 0,25 a	0,2894
18:1	0,12 ± 3,2 x10 ⁻³ a	0,12 ± 3,2 x10 ⁻³ a	0,12 ± 3,2 x10 ⁻³ a	0,4449
18:1	38,43 ± 0,22 a	38,79 ± 0,22 a	37,31 ± 0,22 b	0,0025
18:2	20,53 ± 0,40 ab	19,39 ± 0,40 a	20,74 ± 0,40 b	0,0813
18:3	1,54 ± 0,11 a	3,15 ± 0,11 b	5,70 ± 0,11 c	<0,0001
20:0	0,17 ± 0,01 a	0,22 ± 0,01 b	0,22 ± 0,01 b	0,0019
20:2	0,73 ± 0,02 a	0,69 ± 0,02 ab	0,68 ± 0,02 b	0,1024
20:3	0,12 ± 2,6 x10 ⁻³ a	0,11 ± 2,6 x10 ⁻³ b	0,09 ± 2,6 x10 ⁻³ c	0,0001
20:3	0,18 ± 0,83 a	0,38 ± 0,83 a	2,06 ± 0,83 a	0,2687
20:4	0,53 ± 0,02 a	0,41 ± 0,02 b	0,35 ± 0,02 c	0,0002
20:5	0,02 ± 2,1 x10 ⁻³ a	0,05 ± 2,1 x10 ⁻³ b	0,06 ± 2,1 x10 ⁻³ c	<0,0001
21:0	0,64 ± 0,02 a	0,60 ± 0,02 a	0,53 ± 0,02 b	0,0156
22:1	0,02 ± 2,4 x10 ⁻³ a	0,02 ± 2,4 x10 ⁻³ a	0,02 ± 2,4 x10 ⁻³ a	0,3672
22:2	0,01 ± 1,8 x10 ⁻³ a	0,02 ± 1,8 x10 ⁻³ b	0,03 ± 1,8 x10 ⁻³ c	<0,0001
22:5	0,10 ± 3,0 x10 ⁻³ a	0,08 ± 3,0 x10 ⁻³ b	0,06 ± 3,0 x10 ⁻³ c	<0,0001
22:6	1,5 x10 ⁻² ± 1,8 x10 ⁻³ a	2,2 x10 ⁻² ± 1,8 x10 ⁻³ b	2,1 x10 ⁻² ± 1,8 x10 ⁻³ ab	0,0589
24:0	0,01 ± 1,4 x10 ⁻³ a	0,02 ± 1,4 x10 ⁻³ b	0,03 ± 1,4 x10 ⁻³ b	<0,0001
24:1	5,0 x10 ⁻⁴ ± 4,0 x10 ⁻⁴ a	2,0 x10 ⁻³ ± 4,4 x10 ⁻⁴ b	2,3 x10 ⁻³ ± 4,0 x10 ⁻⁴ b	0,0262
AGS	35,32 ± 0,36 a	34,79 ± 0,36 a	32,51 ± 0,36 b	0,0008
AGMI	40,93 ± 0,17 a	40,91 ± 0,17 a	39,13 ± 0,17 b	0,0001
AGPI	23,77 ± 0,78 a	24,29 ± 0,78 a	29,79 ± 0,78 b	0,0007
Ω3	1,85 ± 0,77 a	3,68 ± 0,77 a	7,90 ± 0,77 b	0,0011
Ω6	21,92 ± 0,39 a	20,61 ± 0,38 b	21,90 ± 0,39 a	0,0684
Ω6/Ω3	11,89 ± 0,28 a	5,59 ± 0,28 b	2,97 ± 0,28 c	<0,0001

Valores expresados en porcentaje

Puede observarse que las modificaciones inducidas en el componente graso de la materia prima para la elaboración del salame, se mantuvo en el producto final. En este caso, con una inclusión de lino del 10% en la dieta de los cerdos, se logró obtener un salame con 2,81% menos de AGS, 6,02% más de AGPI, 6,05% más de Ω3 y una

relación $\Omega 6/\Omega 3$ de 2,97. Ésta relación se encuentra por debajo del límite máximo propuesta por la OMS (5:1) para un alimento saludable.

4-5. Resultado de la prueba de preferencia

Tal como fue descripto oportunamente, la primera característica evaluada en la prueba de preferencia fue la de la apreciación visual del color de la grasa de los salames, considerándose como característica virtuosa el color blanco. En el gráfico 4 se observa cómo se distribuyeron las 96 evaluaciones de “grasa más blanca” entre los 3 tratamientos.

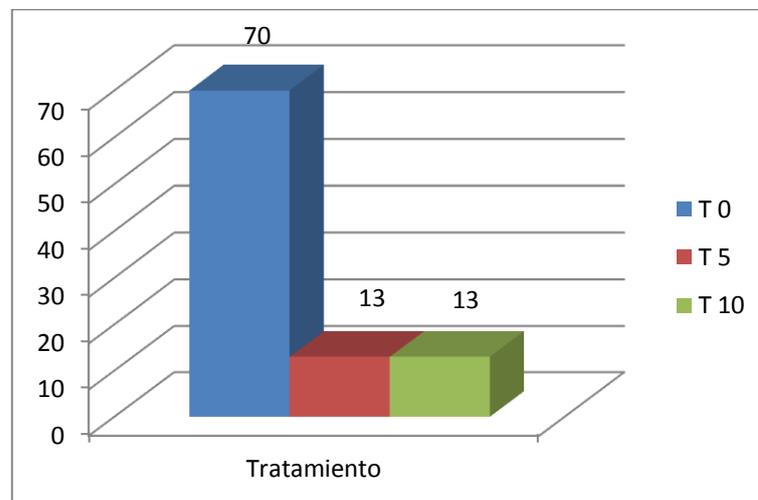


Gráfico 4: Distribución de la frecuencia de elección de grasa más blanca según tratamiento

Estas frecuencias fueron analizadas con la prueba de Friedman y en la tabla 8 se muestran los valores de ranking obtenidos.

Tabla 8: Valores de ranking para color de grasa más blanca

Color de grasa más blanca	Suma (Ranking)	Media (Ranking)	n	
T5	136	1,42	96	a
T10	188	1,96	96	b
T0	252	2,63	96	c

Prueba de Friedman ($\alpha=0,5$)

Este análisis muestra diferencias significativas en la distribución de la elección de grasa más blanca entre los tres tratamientos, resultando T0 el tratamiento que generó mayor elección de grasa más blanca según los encuestados. Si bien el orden de ranking esperado para el color de grasa más blanca del salame era T0-T5-T10, se obtuvieron resultados invertidos entre T5 y T10. Esto podría explicarse por algunas dificultades operativas sufridas durante el trabajo experimental. Durante el proceso de elaboración del salame correspondiente al T5, el amasado del pastón no fue suficiente para lograr ligar la masa, hecho que fue verificado durante el proceso de secado. Esta diferencia en el amasado y posterior secado provocó una pérdida de contraste de la grasa con respecto a la carne, generando una valoración negativa en las pruebas de preferencia.

La segunda característica evaluada fue la de preferencia de salames en la degustación. En el gráfico 5 se muestra la frecuencia con que las 96 opiniones de “preferido” se distribuyeron entre los tres tratamientos.

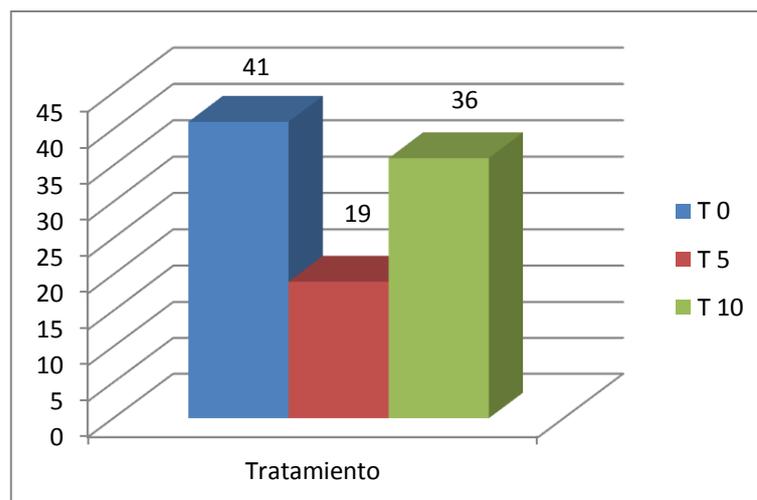


Gráfico 5: Distribución de la frecuencia de elección de salame preferido según tratamiento

En la tabla 9 se expone el resultado del análisis de esta evaluación de preferencia utilizando la prueba de Friedman.

Tabla 9: Valores de ranking para la preferencia

Preferencia	Suma (Ranking)	Media (Ranking)	n
T5	156	1,63	96 a
T10	210	2,19	96 b
T0	210	2,19	96 b

Prueba de Friedman ($\alpha=0,5$)

Como podemos observar en la tabla 9, no se detectaron diferencias significativas entre la preferencia de los salames pertenecientes a los tratamientos T0 y T10, pero si se observa diferencia entre estos dos con respecto a T5. Esto podría explicarse por las dificultades observadas durante el proceso de elaboración que se describieron anteriormente.

Para analizar una posible interacción entre la preferencia visual (color más blanco de la grasa) y la gustativa (sabor preferido) se graficaron las frecuencias de las elecciones de “color más blanco” dentro de cada grupo preferencia según tratamiento, expresados en porcentajes, las que se presentan en el gráfico 6.

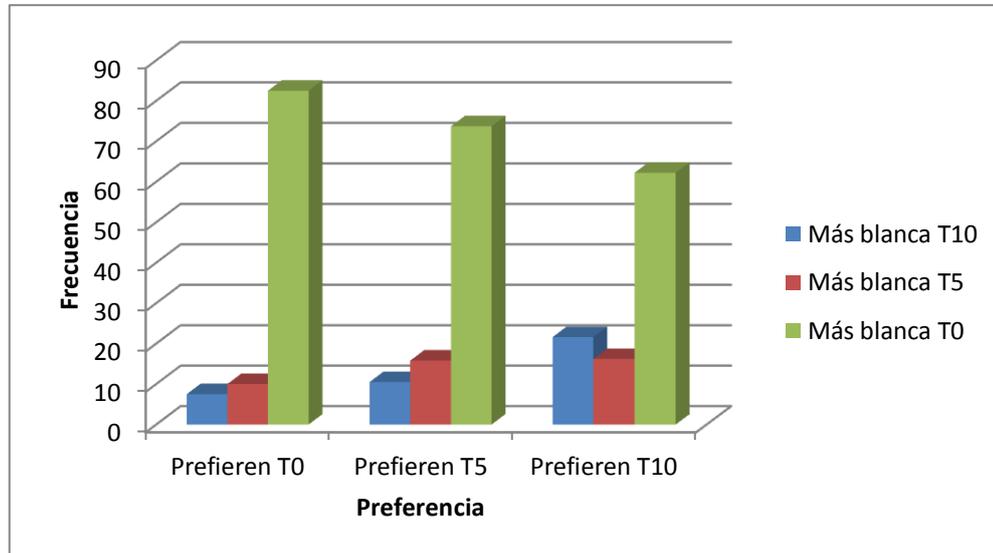


Gráfico 6: Distribución de la frecuencia de color de grasa más blanca según tratamiento dentro de cada orden de preferencia, expresada en porcentaje.

Esta apreciación visual fue corroborada en el análisis de ranking realizado mediante la prueba de Friedman para la combinación de color de grasa más

blanca/preferencia de los salames, donde no se detectaron efectos de interacción entre ambas variables ($p>0,05$).

Si bien una inclusión de lino del 10% afectó negativamente el color de la grasa de los salames, esta cualidad no fue determinante a la hora de definir la preferencia del producto.



CAPÍTULO 5
CONCLUSIONES

En las condiciones del presente trabajo, la inclusión de semillas de lino en las dietas provocó un cambio significativo y favorable en la composición de ácidos grasos tanto de la grasa intramuscular como de la grasa dorsal de los animales. Estos cambios, no solo generaron carne y grasa con mejores características nutricionales para el consumo directo, sino que se mantuvieron en el producto elaborado, sin afectar negativamente la preferencia de los consumidores.

Esta información alienta la realización de futuros trabajos con otros embutidos y chacinados con el objetivo de mejorar sus características nutricionales y expandir estas propiedades a un rango más amplio de productos, ya que su consumo forma parte de la vida cotidiana de los argentinos y viene aumentando año tras año.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ansorena, D., & Astiasaran, I. 2004. The use of linseed oil improves nutritional quality of the lipid fraction of dry-fermented sausages. *Food Chemistry*, 87(1): 69-74.
- Asuming-Bediako, N., Jaspal, M. H., Hallett, K., Bayntun, J., Baker, A., & Sheard, P. R. 2014. Effects of replacing pork backfat with emulsified vegetable oil on fatty acid composition and quality of UK-style sausages. *Meat science*, 96(1): 187-194.
- Blankson, H., Stakkestad, J. A., Fagertun, H., Thom, E., Wadstein, J., & Gudmundsen, O. 2000. Conjugated linoleic acid reduces body fat mass in overweight and obese humans. *The Journal of Nutrition*, 130(12): 2943-2948.
- Bote, C. L., Isabel, B., & Rey, A. I. 1999. Efecto de la nutrición y del manejo sobre la calidad de la grasa en el cerdo. En: Avances en nutrición y alimentación animal (pp. 223-252). Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal.
- Bote, C. L., Rey, A. I., Ortiz, L., & Menoyo, D. 2004. Cambios en el perfil de ácidos grasos en productos animales en relación con la alimentación animal y humana. importancia del ácido linoleico conjugado. 2. Monogástricos. En: Avances en nutrición y alimentación animal (pp. 103-122). Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal.
- CAICHA - Cámara Argentina de la Industria del Chacinado y Afines. Datos del sector. 2014. Disponible en: <http://www.caicha.org.ar>.
- Castro González, M. I. 2002. Ácidos grasos omega-3: beneficios y fuentes. *Interciencia*, 27(3): 128-136.
- Clouet, P., Demizieux, L., Gresti, J., & Degrace, P. 2001. Mitochondrial respiration on rumenic and linoleic acids. *Biochemical Society Transactions*, 29(Pt 2): 320-325.
- Connor, W.E. 1996. Omega-3 essential fatty acids in infant neurological development. *Backgrounder*, 1(1); 1-6.
- Connor, W. E. 1999. α -Linolenic acid in health and disease. *The American journal of clinical nutrition*, 69(5): 827-828.
- D'Arrigo, M., Hoz, L., López-Bote, C. J., Cambero, I., Pin, C., & Ordoñez, J. A. 2002. Effect of dietary linseed oil on pig hepatic tissue fatty acid composition and susceptibility to lipid peroxidation. *Nutrition Research*, 22(10): 1189-1196.

- de Vries, J. H., Jansen, A., Kromhout, D., van de Bovenkamp, P., van Staveren, W. A., Mensink, R. P., & Katan, M. B. 1997. The fatty acid and sterol content of food composites of middle-aged men in seven countries. *Journal of Food Composition and Analysis*, 10(2): 115-141.
- Di Rienzo J.A., Casanoves F., Balzarini M.G., Gonzalez L., Tablada M., & Robledo C.W. InfoStat versión 2015. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. Disponible en: <http://www.infostat.com.ar>
- Enser, M., Richardson, R. I., Wood, J. D., Gill, B. P., & Sheard, P. R. 2000. Feeding linseed to increase the n-3 PUFA of pork: fatty acid composition of muscle, adipose tissue, liver and sausages. *Meat Science*, 55(2): 201-212.
- Folch, J., Lees, M., & Sloane-Stanley, G. H. 1957. A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. *Journal of Biological Chemistry*, 226(1): 497-509.
- Fontanillas, R., Barroeta, A., Baucells, M. D., & Guardiola, F. 1998. Backfat fatty acid evolution in swine fed diets high in either *cis*-monounsaturated, *trans*, or (n-3) fats. *Journal of Animal Science*, 76: 1045-1055.
- Haak, L., De Smet, S., Fremaut, D., Van Walleggem, K., & Raes, K. 2008. Fatty acid profile and oxidative stability of pork as influenced by duration and time of dietary linseed or fish oil supplementation. *Journal of Animal Science*, 86(6): 1418-1425.
- Harbige, L. S. 1998. Dietary n-6 and n-3 fatty acids in immunity and autoimmune disease. *Proceedings of the Nutrition Society*, 57(4): 555-562.
- Hernandez, D., Garcia, S., Gonzalez, A., Rufino, M., Salido, E., & Torres, A. 2005. Eficacia de los ácidos grasos omega-3 en las enfermedades renales: ¿está justificado su empleo? de Nefrología y Registros Autonómicos. *Nefrología*, 25(3): 221-32.
- Hibbeln, J. R. (1997). Essential fatty acids predict biomarkers of aggression and depression. *Pufa Newslett*, 1(2).
- Hibbeln, J. R., & Salem, N. 1995. Dietary polyunsaturated fatty acids and depression: when cholesterol does not satisfy. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 62(1): 1-9.

- Hoz, L., López-Bote, C. J., Cambero, M. I., D'Arrigo, M., Pin, C., Santos, C., & Ordóñez, J. A. 2003. Effect of dietary linseed oil and α -tocopherol on pork tenderloin (*Psoas major*) muscle. *Meat Science*, 65(3): 1039-1044.
- Huang, F. R., Zhan, Z. P., Luo, J., Liu, Z. X., & Peng, J. 2008. Duration of dietary linseed feeding affects the intramuscular fat, muscle mass and fatty acid composition in pig muscle. *Livestock Science*, 118(1): 132-139.
- Isabel, B., López-Bote, C. J., de la Hoz, L., Timón, M., Garcí, C., & Ruiz, J. 2003. Effects of feeding elevated concentrations of monounsaturated fatty acids and vitamin E to swine on characteristics of dry cured hams. *Meat Science*, 64(4): 475-482.
- Jiménez-Colmenero, F. 2007. Healthier lipid formulation approaches in meat-based functional foods. Technological options for replacement of meat fats by non-meat fats. *Trends in Food Science & Technology*, 18(11): 567-578.
- Kremer, J. M. 2000. n-3 Fatty acid supplements in rheumatoid arthritis. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 71(1): 349s-351s.
- Kris-Etherton, P. M., Taylor, D. S., Yu-Poth, S., Huth, P., Moriarty, K., Fishell, V., Hargroe R.L., Zhao, G. & Etherton, T. D. 2000. Polyunsaturated fatty acids in the food chain in the United States. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 71(1): 179S-188S.
- Lehrke, M., & Lazar, M. A. 2004. Inflamed about obesity. *Nature medicine*, 10(2): 126-127.
- López-Ferrer, S., Baucells, M. D., Barroeta, A. C., Galobart, J., & Grashorn, M. A. 2001. n-3 enrichment of chicken meat. 2. Use of precursors of long-chain polyunsaturated fatty acids: Linseed oil. *Poultry Science*, 80(6): 753-761.
- Marchetti, L., Andrés, S. C., & Califano, A. N. 2014. Low-fat meat sausages with fish oil: Optimization of milk proteins and carrageenan contents using response surface methodology. *Meat Science*, 96(3): 1297-1303.
- Matthews, K. R., Homer, D. B., Thies, F., & Calder, P. C. 2000. Effect of whole linseed (*Linum usitatissimum*) in the diet of finishing pigs on growth performance and on the quality and fatty acid composition of various tissues. *British Journal of Nutrition*, 83(6): 637-643.

- Millares, P., & Secretaría de Agricultura, Ganadería y Pesca, Buenos Aires (Argentina). 2012. Cadenas alimentarias: Carne porcina. *Alimentos Argentinos*, (54): 39-47.
- MINAGRI - Ministerio de Agroindustria. Secretaría de Agricultura, Ganadería y Pesca. 2006. Gacetilla Informativa del Sector Agroalimentario. Perfil del mercado del Lino. Diciembre de 2006. Disponible en: http://www.minagri.gob.ar/dimeagro/newsletters/nro25/newsletter_lino-01-12-2006.php
- MINAGRI - Ministerio de Agroindustria. Secretaría de Agricultura, Ganadería y Pesca. 2015. Boletín porcino. Noviembre de 2015. Disponible en: <http://www.agroindustria.gob.ar/site/ganaderia/porcinos/02-Informes/index.php>
- Moreno, A. & Telechea, J.M. 2011. Monitoreo y estudio de cadenas de valor. *Informe de la cadena porcina. Oficina Nacional de Control Comercial Agropecuario (ONCCA)*. Disponible en: http://www.aacporcinos.com.ar/organismos_oficiales/oncca/informe_cadena_porcina.pdf
- Morris, D. 2007. Linaza un producto premier de salud y nutrición. Winnipeg, MB: Consejo Canadiense de Linaza. 2. Instituto de Medicina. Consumos.
- Muguerza, E., Gimeno, O., Ansorena, D., & Astiasaran, I. 2004. New formulations for healthier dry fermented sausages: a review. *Trends in Food Science & Technology*, 15(9): 452-457.
- Nasiff-Hadad, A. & Meriño-Ibarra, E. 2003. Ácidos grasos omega-3: pescados de carne azul y concentrados de aceites de pescado. Lo bueno y lo malo. *Revista Cubana de Medicina*, 42(2): 128-133.
- Nicolosi, R. J., Rogers, E. J., Kritchevsky, D., Scimeca, J. A., & Huth, P. J. 1996. Dietary conjugated linoleic acid reduces plasma lipoproteins and early aortic atherosclerosis in hypercholesterolemic hamsters. *Artery*, 22(5): 266-277.
- Ntambi, J. M. 1999. Regulation of stearoyl-CoA desaturase by polyunsaturated fatty acids and cholesterol. *Journal of lipid research*, 40(9): 1549-1558.
- Oliver, M. A. 1991. *Efectes de la raza i de la sensibilitat a l'halota en la qualitat de la canal i de la carn en el porci* (Doctoral dissertation, Tesis Doctoral. Universidad Autónoma de Barcelona).
- OMS - Organización Mundial de la Salud. 1997. Grasas y aceites en la nutrición humana. Consulta FAO/OMS de expertos. Estudio FAO Alimentación y Nutrición, 57.

- Papotto, D. 2006. Producción Porcina en Argentina, Pasado, Presente y Futuro. En: Memorias del V Congreso de Producción Porcina del MERCOSUR. Río Cuarto-Córdoba, Argentina. (pp. 1-4).
- Pariza, M. W. & Ha, Y. L. 1990. Conjugated dienoic derivatives of linoleic acid: a new class of anticarcinogens. *Medical Oncology and Tumor Pharmacotherapy*, 7(2-3): 169-171.
- Pariza, M. W. 2004. Perspective on the safety and effectiveness of conjugated linoleic acid. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 79(6): 1132S-1136S.
- Ramírez-Navas, J. S. 2012. Análisis sensorial: pruebas orientadas al consumidor. *Reciteia*, 12(1): 83-102.
- Razzini, E., & Baronzio, G. F. 1993. Omega-3 fatty acids as coadjuvant treatment in AIDS. *Medical Hypotheses*, 41(4): 300-305.
- Romans, J. R., Johnson, R. C., Wulf, D. M., Libal, G. W., & Costello, W. J. 1995. Effects of ground flaxseed in swine diets on pig performance and on physical and sensory characteristics and omega-3 fatty acid content of pork: I. Dietary level of flaxseed. *Journal of Animal Science*, 73(7): 1982-1986.
- Ruiz-Capillas, C., Triki, M., Herrero, A. M., Rodriguez-Salas, L., & Jiménez-Colmenero, F. 2012. Konjac gel as pork backfat replacer in dry fermented sausages: Processing and quality characteristics. *Meat Science*, 92(2): 144-150.
- SENASA - Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria. Reglamento de inspección de productos, subproducto y derivados de origen animal. Decreto 4238/68. Capítulo XVI.
- Simopoulos, A. P., Leaf, A., & Salem Jr, N. 1999. Essentiality of and recommended dietary intakes for omega-6 and omega-3 fatty acids. *Annals of Nutrition and Metabolism*, 43(2): 127-130.
- Specht-Overholt, S., Romans, J. R., Marchello, M. J., Izard, R. S., Crews, M. G., Simon, D. M., Costello, W. J., Evenson, P. D. 1997. Fatty acid composition of commercially manufactured omega-3 enriched pork products, haddock, and mackerel. *Journal of Animal Science*, 75(9): 2335-2343.
- Sugano, M., Tsujita, A., Yamasaki, M., Noguchi, M., & Yamada, K. 1998. Conjugated linoleic acid modulates tissue levels of chemical mediators and immunoglobulins in rats. *Lipids*, 33(5): 521-527.

- Tricon, S., Burdge, G. C., Kew, S., Banerjee, T., Russell, J. J., Jones, E. L., & Calder, P. C. 2004. Opposing effects of *cis*-9, *trans*-11 and *trans*-10, *cis*-12 conjugated linoleic acid on blood lipids in healthy humans. *The American journal of clinical nutrition*, 80(3): 614-620.
- USDA - United States Department Of Agriculture. Foreign Agricultural Service. 2015. Livestock and Poultry: World Markets and Trade. October 2015. Disponible en: http://apps.fas.usda.gov/psdonline/circulars/livestock_poultry.pdf
- Valencia, I., Ansorena, D., & Astiasaran, I. 2006. Stability of linseed oil and antioxidants containing dry fermented sausages: A study of the lipid fraction during different storage conditions. *Meat Science*, 73(2): 269-277.
- Valencia, I., O'Grady, M. N., Ansorena, D., Astiasaran, I., & Kerry, J. P. 2008. Enhancement of the nutritional status and quality of fresh pork sausages following the addition of linseed oil, fish oil and natural antioxidants. *Meat Science*, 80(4): 1046-1054.
- Valenzuela, B. & Nieto, K. A. H. N. 2003. Ácidos grasos omega-6 y omega-3 en la nutrición perinatal: su importancia en el desarrollo del sistema nervioso y visual. *Revista chilena de pediatría*, 74(2): 149-157.
- Van Oeckel, M. J., Casteels, M., Warnants, N., & Boucqu, C. V. 1997. Omega-3 fatty acids in pig nutrition: Implications for zootechnical performances, carcass and fat quality 1. *Archives of Animal Nutrition*, 50(1): 31-42.
- Wirth, F. 1988. Technologies for making fat-reduced meat products. *Fleischwirtschaft*, 68(9): 1153-1156.
- Zeisel, S. H. 1999. Regulation of "nutraceuticals". *Science*, 285(5435): 1853-1855.