

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
LA MOLINA**

FACULTAD DE INDUSTRIAS ALIMENTARIAS



**“EFECTO DEL SELENIO ORGÁNICO SOBRE LAS PROPIEDADES
TECNOLÓGICAS Y LA ESTABILIDAD OXIDATIVA DE LA CARNE
DE CERDO EN CONGELACIÓN”**

Presentado por:

MEDALIT LISBET AÑAZCO DILAS

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERO EN INDUSTRIAS
ALIMENTARIAS**

Lima- Perú

2015

Quiero dedicar esta tesis a Dios, por haberme regalado el don de la vida y por ser mi fortaleza. A mis padres, que siempre han estado brindándome su apoyo incondicional. Y a todos aquellos que no se rinden y que siguen luchando por sus sueños.

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, mi total agradecimiento a mi asesora de tesis, Dra. Bettit Salvá Ruiz, por la orientación y la supervisión continúa en esta investigación, pero sobre todo por la motivación y el apoyo recibido a lo largo del proceso, muchas gracias.

A mi co asesor Mg. Sc. Christian Encina Zelada, por transmitir sus conocimientos y por el apoyo brindado en la realización de esta tesis.

A la Universidad Nacional Agraria La Molina y la Facultad de Industrias Alimentarias por haber contribuido en mi formación profesional y por haber brindado sus instalaciones para la presente tesis.

A la empresa Alltech Perú, en la persona del Ing. Renzo Flores Figueroa por su invaluable apoyo y a la empresa Agropecuaria Isamisa, por el uso de sus instalaciones para la crianza de cerdos.

A los técnicos de laboratorio de la Facultad de Industrias Alimentarias, en especial al señor Max, y a Zaharita, quienes con esmero y amabilidad brindaron su valioso apoyo con el uso de equipos en los laboratorios. Mil gracias por su paciencia a todos ustedes.

A Eliud Dennis Arpi, perteneciente al Instituto Tecnológico Pesquero, por su gran apoyo y soporte técnico en esta investigación.

También quisiera hacer extensiva mi gratitud a mis compañeras: Alejandra, Katherine y Marcia, porque nunca dejamos de apoyarnos o motivarnos a cumplir nuestras metas.

Finalmente, un agradecimiento muy especial merece la comprensión, paciencia y el ánimo recibidos de mi familia, profesores, y amigos, que de una u otra manera me motivaron a seguir adelante.

A todos ellos, muchas gracias.

ÍNDICE GENERAL

I. INTRODUCCIÓN	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA	3
2.1. EL CERDO DE ENGORDE.....	3
2.1.1. GANADERÍA PORCINA EN EL PERÚ	4
2.1.2. GRANJA PORCINA TECNIFICADA	6
2.1.3. RAZAS DE CERDOS Y CARACTERÍSTICAS MÁS RELEVANTES	8
2.1.4. LÍNEAS COMERCIALES.....	9
2.1.5. REQUERIMIENTOS NUTRICIONALES DE LOS CERDOS	13
2.2. CALIDAD DE LA CANAL PORCINA	19
2.3. CALIDAD DE LA CARNE DE CERDO	20
2.3.1. COMPOSICIÓN QUÍMICA Y PROXIMAL	22
2.3.2. EFECTO DE LA GRASA.....	26
2.4. CALIDAD DE LAS GRASAS.....	27
2.4.1. LA GRASA DE LA CARNE DE CERDO	27
2.5. PROPIEDADES TECNOLÓGICAS DE LA CARNE	28
2.5.1. pH	28
2.5.2. COLOR.....	30
2.5.3. DUREZA	33
2.6. OXIDACIÓN DE LÍPIDOS	36
2.6.1. MECANISMO DE OXIDACIÓN DE LÍPIDOS	36
2.6.2. OXIDACIÓN DE LÍPIDOS EN LA CARNE.....	39
2.6.3. MEDIDA DE LA OXIDACIÓN LIPÍDICA.....	40
2.7. ANTIOXIDANTES	42
2.7.1. ANTIOXIDANTES EN ALIMENTOS	43
2.7.2. MÉTODO PARA EVALUAR LA CAPACIDAD ANTIOXIDANTE	46
2.8. SELENIO.....	47
2.8.1. FUNCIONES DEL SELENIO	47
2.8.2. FUENTES DE SELENIO.....	50
(Músculo <i>Longissimus dorsi</i>).....	79
4.1.2. CONTENIDO DE SELENIO EN LA CARNE DE CERDO.....	82

2.8.4.	INFLUENCIA DEL SELENIO ORGÁNICO EN LAS PROPIEDADES TECNOLÓGICAS Y EN LA OXIDACIÓN LIPÍDICA DE LA CARNE.....	55
2.9.	CONSERVACIÓN POR CONGELACIÓN	56
2.9.1.	LA CONGELACIÓN.....	56
2.9.2.	LA DESCONGELACIÓN	58
2.9.3.	EFECTO DE LA CONGELACIÓN Y DESCONGELACIÓN SOBRE LAS PROPIEDADES DE LA CARNE	60
2.9.4.	QUEMADURA DE CONGELACIÓN	62
III.	MATERIALES Y MÉTODOS.....	63
3.1.	LUGARES DE EJECUCIÓN.....	63
3.2.	MATERIA PRIMA.....	63
3.3.	EQUIPOS, MATERIALES Y REACTIVOS.....	64
3.3.1.	EQUIPOS	64
3.3.2.	MATERIALES.....	65
3.3.3.	REACTIVOS.....	66
3.4.	METODOLOGÍA EXPERIMENTAL	67
3.4.1.	ESQUEMA EXPERIMENTAL	67
3.5.	MÉTODO DE ANÁLISIS.....	72
3.5.1.	ANÁLISIS QUÍMICO DE LOS LOMOS DE CERDO (<i>Sus scrofa domestica</i>).....	72
3.5.2.	DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE SELENIO EN CARNE DE CERDO	72
3.5.3.	PROPIEDADES TECNOLÓGICAS	73
3.5.4.	DETERMINACIÓN DEL PERFIL LIPÍDICO DE LA CARNE DE CERDO.....	75
3.5.5.	DETERMINACIÓN DE LA OXIDACIÓN LIPÍDICA POR EL MÉTODO DEL TBA	76
3.5.6.	DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD ANTIOXIDANTE.....	77
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIONES.....	79
4.1.	CARACTERIZACIÓN DE LA CARNE DE CERDO	79
4.1.1.	COMPONENTES MAYORITARIOS DE LOS LOMOS DE CERDO	
2.8.3.	IMPORTANCIA DEL SELENIO EN LA DIETA ANIMAL	53

4.2. PROPIEDADES TECNOLÓGICAS DE LOS LOMOS DE CERDO.....	85
4.2.1. pH.....	85
4.2.2. PÉRDIDA DE AGUA POR DESCONGELACIÓN.....	88
4.2.3. COLOR.....	92
4.2.4. DUREZA INSTRUMENTAL.....	105
4.3. PERFIL LIPÍDICO DE LA CARNE DE CERDO.....	108
4.4. CONTENIDO DE SUSTANCIAS REACTIVAS AL ÁCIDO TIOBARBITÚRICO DE LAS MUESTRAS DE CARNE DE CERDO.....	117
4.5. CAPACIDAD ANTIOXIDANTE POR EL MÉTODO DPPH.....	121
V. CONCLUSIONES	125
VI. RECOMENDACIONES.....	127
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	128
VIII. ANEXOS.....	147

(Músculo <i>Longissimus dorsi</i>).....	79
4.1.2. CONTENIDO DE SELENIO EN LA CARNE DE CERDO.....	82

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1: Categorías y nombres técnicos en una granja porcina.....	7
Cuadro 2: Razas de cerdos y características más relevantes	8
Cuadro 3: Ejemplo de dieta para lechón y gorrino	14
Cuadro 4: Niveles nutricionales recomendados en una dieta de cerdos.....	15
Cuadro 5: Características limitantes para el uso de fuentes alimenticias en la producción porcina	17
Cuadro 6: Composición proximal de la carne de distintas especies animales.....	23
Cuadro 7: Esquema experimental para la realización del proyecto de investigación	68
Cuadro 8: Fórmula alimenticia utilizada para los cerdos en la etapa de crecimiento- acabado (kg).....	69
Cuadro 9: Valores nutricionales de la fórmula alimenticia utilizada para los cerdos en la etapa de crecimiento-acabado	70

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1:	Producción de carne de cerdo en Latinoamérica durante el 2012	4
Figura 2:	Consumo de carne de cerdo en Latinoamérica (kg per cápita/año)	5
Figura 3:	Camborough 29 de la Línea PIC	11
Figura 4:	PicBoar 410 de la Línea PIC	12
Figura 5:	Esquema que representa la evolución de la dureza de la carne, desde el sacrificio y a través de las distintas fases de transformación del músculo en carne	35
Figura 6:	Representación gráfica de los parámetros mecánicos del test de Warner-Bratzler	36
Figura 7:	Oxidación lipídica a través del tiempo	38
Figura 8:	Mecanismo de oxidación de lípidos	38
Figura 9:	Reacción entre el TBA y el MDA	41
Figura 10:	Estructura molecular de la membrana plasmática de una fibra muscular	45
Figura 11:	Abstracción de un átomo de hidrógeno por el radical DPPH	47
Figura 12:	Reciclado de la Vitamina E	49
Figura 13:	Metabolismo de selenio en mamíferos	52
Figura 14:	Conductividad térmica durante la congelación y descongelación	59
Figura 15:	Tendencia del pH en el músculo <i>Longissimus dorsi</i> durante el almacenamiento en congelación para los tratamientos	85
Figura 16:	Porcentaje de pérdida de agua por descongelación en el músculo <i>Longissimus dorsi</i> durante el almacenamiento en congelación para los tratamientos	89
Figura 17:	Variación del valor a* en el músculo <i>Longissimus dorsi</i> durante el almacenamiento en congelación para los tratamientos	94
Figura 18:	Variación del valor b* en el músculo <i>Longissimus dorsi</i> durante el almacenamiento en congelación para los tratamientos	97
Figura 19:	Variación del valor C* en el músculo <i>Longissimus dorsi</i> durante el	

Figura 20: Variación del valor L* en el músculo <i>Longissimus dorsi</i> durante el almacenamiento en congelación para los tratamientos	101
Figura 21: Variación del valor h° en el músculo <i>Longissimus dorsi</i> durante el almacenamiento en congelación para los tratamientos	104
Figura 22: Variación de la Dureza en el músculo <i>Longissimus dorsi</i> durante el almacenamiento en congelación para los tratamientos	106
Figura 23: Perfil de ácidos grasos por cromatografía expresados en porcentaje de ácidos grasos totales (peso/peso).....	109
Figura 24: Evolución de la oxidación lipídica (mg MDA/ kg de muestra) en las muestras de cerdo (<i>Longissimus dorsi</i>).....	119
Figura 25: Capacidad antioxidante equivalente a Trolox (TEAC) de las muestras de carne de cerdos alimentados con y sin selenio orgánico por el método de DPPH durante el almacenamiento.....	122
Figura 26: Capacidad antioxidante equivalente a la vitamina C (VCEAC) de las muestras de carne de cerdos alimentados con y sin selenio orgánico por el método de DPPH durante el almacenamiento.....	123

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO 1:	Curva estándar con 1,1,3,3-tetraetoxipropano (TEP) para determinar la concentración de malonaldehído a 532 nm.....	147
ANEXO 2:	Curva estándar con trolox (TEAC) para la determinación de la capacidad antioxidante a 515 nm - método DPPH (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl).....	148
ANEXO 3:	Curva estándar ácido ascórbico (VCEAC) para la determinación de la capacidad antioxidante a 515 nm -método DPPH (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl).....	149
ANEXO 4:	Resultados del análisis proximal para el músculo <i>Longissimus dorsi</i> proveniente de cerdos alimentados con y sin selenio orgánico (g/100g de muestra original)	150
ANEXO 5:	Resultados del contenido de selenio para el músculo <i>Longissimus dorsi</i> proveniente de cerdos alimentados con una dieta suplementada con selenio orgánico y una dieta sin selenio orgánico (mg/kg).....	151
ANEXO 6:	Resultados de pH para el para el músculo <i>Longissimus dorsi</i> proveniente de cerdos alimentados con y sin selenio orgánico	151
ANEXO 7:	Resultados de pérdida de agua por descongelación (%) para el músculo <i>Longissimus dorsi</i> proveniente de cerdos alimentados con y sin selenio orgánico.....	152
ANEXO 8:	Resultados de color (L*, a*, b*, h° y C*) para el músculo <i>Longissimus dorsi</i> proveniente de cerdos alimentados con y sin selenio orgánico	153
ANEXO 9:	Resultados de dureza (Newton) para el músculo <i>Longissimus dorsi</i> proveniente de cerdos alimentados con y sin selenio orgánico	154
ANEXO 10:	Perfil de ácidos grasos por cromatografía expresados en porcentaje (%) de ácidos grasos totales (peso/peso)	155
ANEXO 11:	Contenido de la sumatoria de diversos ácidos grasos y sus cocientes en la grasa intramuscular, expresados en porcentaje (%) de los ácidos grasos totales (peso/peso)	156

ANEXO 12: Evolución de la oxidación lipídica (mg MDA/kg de muestra) para el músculo <i>Longissimus dorsi</i> proveniente de cerdos alimentados con y sin selenio orgánico.....	157
ANEXO 13: Resultados del análisis de capacidad antioxidante por el método DPPH	158
ANEXO 14: Análisis estadístico.....	159
a. Análisis estadístico del análisis proximal	159
b. Análisis estadístico del contenido de selenio	164
c. Análisis estadístico de pH	165
d. Análisis estadístico de color.....	170
e. Análisis estadístico de dureza	189
f. Análisis estadístico de pérdida de agua por descongelación	191
g. Análisis estadístico de la oxidación lipídica por el método del TBA	195
h. Análisis estadístico de la actividad oxidativa por el método de DPPH	199
i. Análisis estadístico de ácidos grasos	203

RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo evaluar el efecto de la adición del selenio orgánico en la dieta de cerdos sobre las propiedades tecnológicas y la estabilidad oxidativa durante cuatro meses en congelación ($-20^{\circ}\text{C} \pm 1$). Para ello, se suministró una dieta con selenio orgánico (0.3 ppm) a un grupo de cerdos, y al otro grupo se le dio la dieta sin suplementación. Pasados los 40 días de alimentación, se extrajeron al azar 15 muestras de lomo de cerdo (músculo: *Longissimus dorsi*) de cada tratamiento. Luego se procedió a medir las propiedades tecnológicas como: pH, pérdida de agua por descongelación, color y textura en términos de dureza; así como también la oxidación lipídica mediante el método del TBA y la capacidad antioxidante mediante el ensayo de DPPH para cada mes. Además se analizó el análisis proximal, contenido de selenio y el perfil de ácidos grasos entre ambos tratamientos. Los resultados se analizaron con el paquete estadístico *Statgraphics Centurion*[®], mediante un arreglo factorial DCA aplicando un análisis de varianza ANOVA y de existir diferencias significativas (con un nivel de significancia del 95 por ciento), se realizó un test de comparación múltiple mediante la prueba de Duncan ($p < 0.05$). De acuerdo al efecto del tratamiento, se encontraron diferencias significativas ($p < 0.05$) para el análisis proximal, perfil de ácidos grasos, pH, color instrumental (solo en los valores b* y C*, a partir del mes 2 y 3-4, respectivamente), dureza, pérdidas de agua por efecto de la descongelación (en los meses 1 y 2), TBA y DPPH (entre los meses 0-3 y 0-4). Entonces se determinó que las muestras de carne provenientes de cerdos alimentados con una dieta suplementada con selenio orgánico tenían mejor calidad de la carne debido a los mejores resultados en las propiedades tecnológicas obtenidas, además que presentaron menor oxidación.

Palabras claves: selenio; propiedades tecnológicas; carne de cerdo; oxidación lipídica; capacidad antioxidante; perfil de ácidos grasos.

SUMMARY

This research aimed to evaluate the effect of the addition of organic selenium in the diet of pigs on the technological properties and oxidative stability for four months in freezer ($-20\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1$). A diet with organic selenium (0.3 ppm) was given to a group of pigs, and the other group received the diet without supplementation. After the 40 days of feeding, were extracted randomly 15 samples of pork loin (muscle: *Longissimus dorsi*) of each treatment. Then proceeded to measure the technological properties as: pH, thawing water loss, color and texture in terms of hardness; as well as lipid oxidation by the method of TBA and antioxidant capacity using the DPPH test for each month. Furthermore proximate analysis, selenium content and fatty acid profile was analyzed in both treatments. The results were analyzed using the statistical package *Statgraphics Centurion*[®], with an arrangement factorial DCA applying an analysis of variance and significant differences exist (with a significance level of 95 percent), multiple comparison test was performed using Duncan's test ($p < 0.05$). According to the effect of the treatment, significant differences ($p < 0.05$) were found for the proximal analysis, profile of fatty acids, pH, instrumental color (only in the values of b^* and C^* , starting in month 2 and months 3-4, respectively), hardness, thawing water loss (on the month 1 and 2), TBA and DPPH (between months: 0-3 and 0-4). Then it was determined that the samples of meat coming from pigs fed a diet supplemented with organic selenium had better meat quality because of best results in the technological properties obtained, also presented lower oxidation.

Key words: selenium; technological properties; pork meat; lipid oxidation; antioxidant capacity; fatty acid profile.

I. INTRODUCCIÓN

Actualmente en el país existe una baja tendencia por el consumo de carne de cerdo, motivado principalmente por la imagen equivocada que se tiene sobre el tipo de alimentación que reciben los cerdos. La Asociación de Porcicultores del Perú estimó que el consumo per cápita de carne de cerdo se encuentra en 4.5 kg y se incrementará medio kg cada año, estimulado por el *boom* gastronómico, siendo la meta incrementar el mismo hasta 12 kg per cápita al año (MINAG y ASOPORCI, 2013).

La suplementación en la alimentación de cerdos es una práctica común, que busca proporcionar las vitaminas y minerales necesarios para el animal. Pero actualmente existe un creciente interés en la adecuada nutrición de los cerdos, con la finalidad de aumentar la calidad de la carne, permitiendo mejoras en el color, retención de agua, palatabilidad y disminución de la oxidación (Ellis y McKeith, 1999, citados por Rincón *et al.*, 2011).

En los últimos años ha surgido un gran interés por los oligoelementos y en particular por el selenio, este mineral que es cofactor de la glutatión peroxidasa, enzima encargada de la destrucción del peróxido de hidrógeno que se forma en las reacciones oxidativas en el proceso metabólico. Este mineral, puede ser depositado en diferentes niveles en los tejidos, según la cantidad y el tipo de selenio adicionado en las dietas animales. En muchas partes del mundo los consumos de este mineral son insuficientes y no cumplen con los requerimientos de las personas, es allí donde productos de origen animal como la carne de cerdo enriquecida con selenio juega un papel importante, teniendo en cuenta que este mineral es cofactor de distintas enzimas que tienen función antioxidante (Giraldo *et al.*, 2010).

Hasta hace poco, las formas inorgánicas de selenio se han utilizado casi exclusivamente en la alimentación animal, siendo usada tradicionalmente la vía de suplementación de este mineral bajo la forma de selenito de sodio (Se-Na). Pero hoy en día, debido a la tendencia

actual por los alimentos naturales, la forma orgánica de selenio en alimentación natural que es la seleniomietionina también viene siendo utilizada (Jiakui y Xiaolong, 2004). Esta forma química que es un aislado de la levadura *Saccharomyces cerevisiae* al estar en forma de seleniomietionina, se incorpora como cofactor a una gama de enzimas que actúan en los dos primeros niveles de defensa antioxidante de la célula. Por otra parte, cabe recalcar que la forma orgánica es una mejor fuente de suplementación debido a su mayor biodisponibilidad que puede llegar a ser del 95 al 97 por ciento (Segovia, 2005).

El uso de antioxidantes, sintéticos o naturales, es una de las principales estrategias para la prevención de la oxidación de lípidos. Las recomendaciones actuales restringen los aditivos sintéticos de alimentos, lo que favorece su sustitución por ingredientes naturales con funciones similares. El creciente interés en antioxidantes naturales también se debe a sus beneficios potenciales para la salud (Kumpulainen y Salonen, 1999; citados por Rojas y Brewer, 2007).

Otra ventaja de la carne enriquecida con selenio es que la canal tiene menos pérdida de agua, dado que el selenio mantiene la humedad, por lo que la carne resulta más jugosa (Garduño, 2006). La pérdida de agua a partir de cortes de cerdo envasados tiene un efecto perjudicial sobre las propiedades visuales y organolépticas de la carne. El agua se pierde a partir de carne como consecuencia de la ruptura de la membrana celular con la oxidación con el tiempo. Un número de factores son involucrados en la vida útil de carne, sin embargo, se ha propuesto que la capacidad antioxidante puede ser un medio para mejorar la estabilidad de la membrana celular de la carne procesada (Muñoz *et al.*, 1996).

Debido al interés que hay por aumentar el consumo de la carne de cerdo y basado en los estudios que indican que el selenio orgánico tiene una mayor biodisponibilidad, así como gran un potencial antioxidante, en la presente investigación se pretende comprobar el efecto del selenio orgánico sobre la estabilidad oxidativa y las propiedades tecnológicas (pH, color, pérdida de agua por descongelación y dureza) en la carne de cerdo durante su almacenamiento en congelación a $-20^{\circ}\text{C} \pm 1$.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. EL CERDO DE ENGORDE

El cerdo doméstico (*Sus scrofa domestica*) pertenece al orden zoológico de los Paquidermos, en el que con el jabalí y algunas otras especies, constituye el grupo de los Suideos (Valessert, 2010). Es un especie prolífica, dócil y de fácil manejo, se adapta a diferentes ambientes y a diversos sistemas de explotación y grado de especialización, ya sea dentro de explotaciones pequeñas, medianas o gran escala (Cadillo, 2008). Su condición de especie omnívora permite que en su alimentación se use una gran variedad de insumos alimenticios, muchos de ellos subproductos agroindustriales, agrícolas y residuos gastronómicos (Cadillo, 2008). Para conseguir rendimientos óptimos deben recibir una alimentación equilibrada en relación con la edad y el estado fisiológico del animal (Bello, 2008).

La creciente importancia del cerdo como fuente de alimentación, ha llevado a la evolución de su crianza, pasando de formas de producción doméstica hacia formas de producción más intensivas, desarrollándose inclusive razas especializadas en producción de carne, disminuyéndose la producción de grasa, debido al creciente consumo de aceites vegetales (MINAG y ASOPORCI, 2013).

Según MINAG y ASOPORCI (2013), la carne de cerdo es considerada como uno de los alimentos más completos por el contenido de nutrientes que la caracterizan. Este aporta un 20 por ciento de proteínas, 5 a 10 por ciento de lípidos, uno por ciento de carbohidratos y una diversidad de minerales y vitaminas necesarias para la alimentación humana. Además, al consumir 100 g de carne de cerdo una persona recibe 39 por ciento de sus necesidades diarias de tiamina, 22 por ciento de niacina, 20 por ciento de zinc, 18 por ciento de vitamina B6, 12 por ciento de vitamina B12, 20 por ciento de hierro y 100 por ciento de fósforo.

2.1.1. GANADERÍA PORCINA EN EL PERÚ

La porcicultura, constituye una buena alternativa productiva de proteínas, en el país no se ha desarrollado por múltiples causas, creció ligeramente en las décadas de los 80 y 90 llegando según las estimaciones del Ministerio de Agricultura (MINAG) a una tasa de incremento de 1.68 por ciento anual. La población de ganado porcino según las últimas estimaciones oficiales del año 2003 alcanza a 2'892,000 de cabezas, teniendo una tasa de incremento anual promedio de 2.4 por ciento en los últimos 8 años (MINAG, 2013).

Alrededor del 29 por ciento de estos animales se ubican en la parte central del país siendo Lima el principal productor con 15.4 por ciento del total de porcinos a nivel nacional. Esto se debe a la gran disponibilidad de residuos de alimentos de restaurantes y desperdicios de los mercados de abastos, que constituye una importante fuente para los porcinos y también por su gran cercanía al gran mercado consumidor que es la gran Lima (MINAG, 2013). En la Figura 1 se muestra la producción de carne de cerdo en Latinoamérica durante el 2012 (PIC, 2012a):

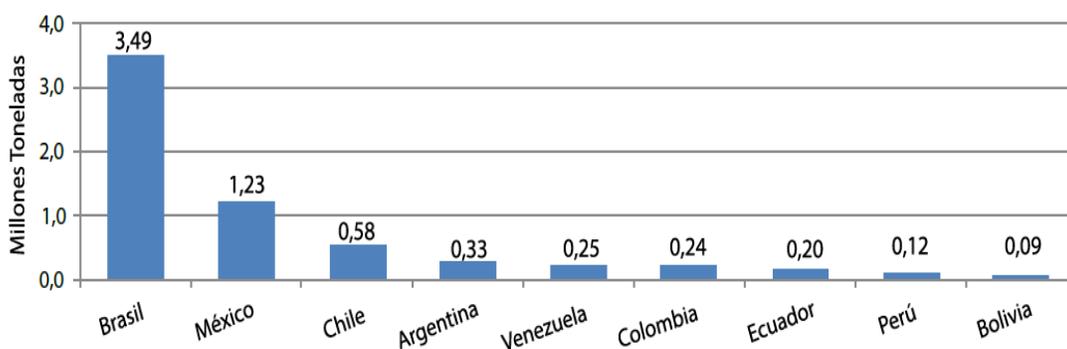


Figura 1: Producción de carne de cerdo en Latinoamérica durante el 2012.

FUENTE: PIC (2012a).

La especie porcina puede llegar a producir más de 2,000 kg de carne/marrana/año (Cadillo, 2008). A nivel mundial es una de las carnes con mayor consumo, sin embargo en nuestro país apenas llega a los 4.5 kg per cápita al año (Figura 2), y la meta es incrementarlo hasta 12 kg per cápita al año (MINAG, 2013). En Sudamérica es 12 kg y en Estados Unidos

llega a 30 kg, mientras en Asia es el principal alimento con 70 kg per cápita al año (MINAG, 2013). Este bajo consumo, en nuestro país, está motivado principalmente por la imagen equivocada que se tiene sobre esta carne (Cadillo, 2008).

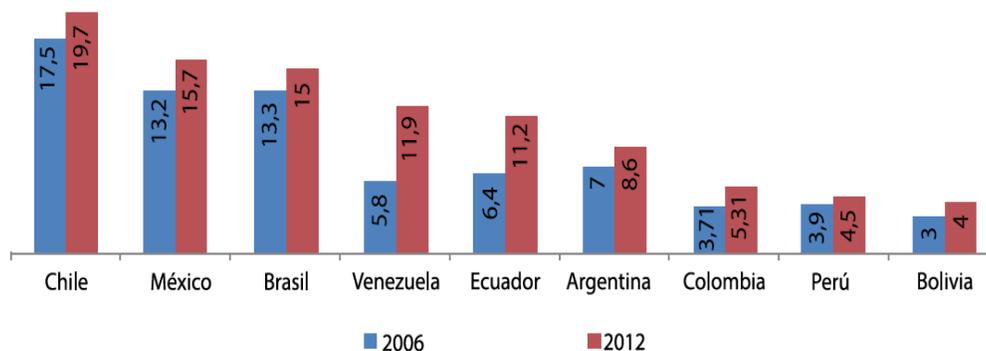


Figura 2: Consumo de carne de cerdo en Latinoamérica (kg per cápita/año).

FUENTE: FAO, USDA, ASPROCER, citados por PIC (2012a).

Las principales razones de la mala imagen son: la creencia que los cerdos se crían en basurales, transmite la “triquinosis” (confundida con la “Cisticercosis”) y que tiene un alto contenido de grasa y colesterol. Estas creencias populares no son ciertas, en nuestro país las granjas tecnificadas, las medianamente tecnificadas e incluso las crianzas de traspatio, alimentan a los cerdos con alimentos balanceados de alta calidad y/o residuos que no tienen nada que ver con la crianza en basurales; asimismo, si bien el cerdo tiene un porcentaje mayor de grasa que otras especies, la mayor parte de ésta es de cobertura, la misma que fácilmente puede ser separada, quedando al final una carne magra, tierna y nutritiva (Cadillo, 2008).

Existe un gran potencial de desarrollo de la industria porcina tecnificada dado que nuestros costos de producción bordean el \$0.97 por kg frente a otros países productores como China y Dinamarca que presentan costos superiores a \$1.20. A partir de agosto del 2006, como resultado de un aumento de la demanda por materias primas de los proyectos de producción de biocombustibles que son las mismas usadas en la alimentación de los cerdos, los costos de producción han ido aumentando, lo cual deberá reflejarse en un aumento de los precios de los productos cárnicos, estimándose que deberán seguir

manteniendo un margen diferencial en los costos de producción. Tal es el caso del maíz, que representa un 60 por ciento de los costos de alimentación, y estos costos son el 75 por ciento de los costos de producción (MINAG, 2013).

2.1.2. GRANJA PORCINA TECNIFICADA

La distribución de la población según tipo de crianza está dividida en 60 por ciento en crianza casera, 20 por ciento en granjas medianamente tecnificadas y el 20 por ciento restante en granjas altamente tecnificadas (MINAG, 2013).

Es importante resaltar que la producción de la crianza casera representa un 35 por ciento de la producción total de carne porcina, mientras que la producción de las tecnificadas representan un 65 por ciento de la producción total, lo cual se explica por los altos rendimientos de producción y productividad cuando esta crianza es manejada con tecnificación y genética, mientras que la gran mayoría de animales criollos son criados en condiciones de manejo no óptimas (MINAG, 2013).

El departamento de Lima concentra la mayor producción de carne de cerdo y es la que tiene mayor participación en el abastecimiento a los principales centros consumidores tales como plantas de procesamiento industrial y elaboración de embutidos, así como también a los centros de abastos y súper mercados (MINAG, 2013).

Otros departamentos importantes en la producción son Huánuco, Cajamarca, La Libertad, y Piura participando básicamente en el abastecimiento local (MINAG, 2013).

La producción tecnificada de carne de porcino ha evolucionado bastante en los últimos años gracias a los adelantos de la biotecnología (genética porcina). En la actualidad, además de las clásicas razas porcinas especializadas en la producción de lechones y de altos rendimientos de carne, se cuenta en el mercado con líneas híbridas logradas en base a la biotecnología, y que transmiten características a su descendencia para la producción de carne en forma eficiente (MINAG, 2013).

a. Clasificación de los cerdos

En una granja porcina los animales se agrupan en categorías, teniendo en cuenta su edad, sexo y estado fisiológico. Los animales que pertenecen a cada una de las categorías, son identificados con nombres técnicos y están sometidos al mismo manejo, misma alimentación, etc. (Cadillo, 2008).

En el Cuadro 1 se presentan las categorías y nombres técnicos para una granja porcina propuesta por Cadillo (2008).

Cuadro 1: Categorías y nombres técnicos en una granja porcina.

Categoría / Nombre técnico	Descripción
Lechones:	
Lactantes	Del nacimiento al destete.
Destetados (Recría)	Del destete hasta los 60 o 70 días de edad (25 a 30 kg de p.v.).
Gorritos:	
En crecimiento	De 25/30 kg a 50/65 kg de p.v.
En acabado	De 50/65 kg a peso de beneficio (90 a 100 kg p.v.).
Reproductores:	
Gorritas de reemplazo (Nulíparas).	Gorritas prepúberes selectas.
Primerizas (Primíparas).	Pubertad – primer destete.
Marranas (Multíparas).	Hembras de más de un parto.
Verracos jóvenes.	Machos reproductores hasta el año de edad.
Verracos adultos.	Mayores de un año.

FUENTE: Cadillo (2008).

2.1.3. RAZAS DE CERDOS Y CARACTERÍSTICAS MÁS RELEVANTES

En el mercado nacional de la genética porcina se dispone de animales reproductores cruzados con características comercialmente deseables para la producción de abuelas, madres comerciales, y padres para la producción de gorrinos comerciales. Las razas que dan origen a estos animales cruzados son: Landrace, Edelschwein, Belga, y Duroc (MINAG, 2013).

a. Principales razas de cerdos

El concepto genérico de raza, engloba animales que responden a un estándar racial y que además poseen características productivas susceptibles de ser mejoradas mediante selección, las que luego serán transmitidas a su descendencia (Cadillo, 2008). Entre las razas tradicionales y más conocidas para la producción intensiva de carne a nivel nacional tenemos a la Landrace, Yorkshire, Hampshire y Duroc (MINAG, 2013). En el Cuadro 2 se observa un breve resumen de las principales características de estas razas:

Cuadro 2: Razas de cerdos y características más relevantes.

Raza	Origen	Tipo	Color	Peso (kg)	Características
Landrace	Dinamarca	Carne	Blanco	350 – 450	Gran longitud, poseen 16-17 pares de costillas en comparación con 14 de las demás razas. Hembras prolíficas, satisfactorias como madres, excelente en los aprovechamientos de pastos.
Yorkshire	Inglaterra	Carne	Blanco	270 – 320	Musculoso, profundo, jamones bien desarrollados; muy prolíficos, buena madre; aprovecha los pastos, cara ancha cóncava.

«continuación»

Piétrain	Bélgica	Carne	Blanco con manchas negras	340 – 400	Carne magra, excelente pastoreadora, poco prolífera, buenas madres; cabeza corta, perfil ligeramente cóncavo, terminación de hocico largo. Los machos se utilizan como machos terminadores.
Duroc	Americano	Carne grasa	Amarillo hasta rojo oscuro	300 – 400	Rústico, prolífico, pastoreador, hembras como madres de calidad media, heredan pezones invertidos, fenotípicamente de longitud media, cabeza mediana, carra levemente cóncava. Es una raza con frecuencia utilizada en los programas de cruzamiento; tanto la madre como el padre.

FUENTE: De la Ossa y Botero (2005).

2.1.4. LÍNEAS COMERCIALES

Algunas empresas norteamericanas y europeas que ofrecen genética porcina, producen “líneas comerciales”, obtenidas con esquemas de cruzamiento basados en los lineamientos generales que se usaron para la obtención del maíz híbrido y las líneas comerciales de aves. Identifican animales sobresalientes en caracteres de importancia económica dentro de las principales razas; para luego formar líneas genéticas y cruzadas, aprovechando al máximo la heterosis y logrando gran uniformidad en el producto final (Cadillo, 2008). Las líneas maternas son: prolíficas, de buena producción de leche, dócil, longeva, libre del gen del estrés, fuerte y resistente. Las líneas paternas tienen excelente velocidad de crecimiento,

buena eficiencia alimenticia, alto rendimiento en carcasa, alto porcentaje de carne magra, carne de buena calidad, excelente libido, vitalidad y uniformidad (Cadillo, 2008).

Entre las principales empresas tenemos a la *Pig Improvement Company* (PIC), *Seghers Hybrid Ltd.*; *Agricultural contract and Marketing Co Ltd. – APMC*; *Newshma*, *Genesus* y *Badcock Genetic*, entre otras (Cadillo, 2008). El programa de mejora genética de PIC utiliza la variabilidad de las 17 líneas globales disponibles en todo el mundo. El rendimiento de estas líneas, y los productos derivados de ellas, se miden en diferentes ambientes alrededor del mundo, información que es recopilada en la base de datos genéticos propiedad de Genus, PICTraQ. Estas 17 líneas sientan las bases a través de las que PIC puede satisfacer los requisitos de mercados locales de productores y consumidores de carne de cerdo (PIC, 2012b).

a. Línea de cerdos PIC

PIC es el líder internacional en proveer genética porcina superior y soporte técnico para incrementar al máximo el potencial genético en la cadena de la carne. PIC combina la ciencia cuantitativa con la biotecnología de última generación para desarrollar animales no transgénicos, con el objetivo de satisfacer las necesidades de sus clientes. Este enfoque proporciona animales de sanidad superior, con costes de producción más bajos y proporcionando productos de alta calidad a sus clientes. Desde hace más de 50 años, el éxito de PIC se atribuye a la importante inversión en genética, tecnología y sanidad (PIC, 2012c).

El negocio de PIC está en la mejora genética de cerdos. A principios de la década de 1960, un pequeño grupo de productores de cerdos de Oxfordshire, convencidos de que las empresas que desarrollaban las líneas puras tradicionales no estaban produciendo el cerdo adecuado para el mercado del futuro, invitaron a un grupo de científicos para idear cómo crear un producto mejor. Siguiendo sus consejos, compraron los mejores cerdos que encontraron y empezaron a mejorarlos mediante un proceso de selección (PIC, 2012d). PIC es capaz de producir cerdos genéticamente mejorados identificando parámetros de interés que sean heredables, fijando objetivos de selección y aplicando intensos programas de

mejora. Como resultado de este proceso, PIC entrega un valor añadido a sus clientes en una industria dónde la mejora continua puede ser un factor clave para ayudar a que el productor de cerdos siga siendo competitivo en la industria de hoy (PIC, 2012d).

a.1. Camborough 29

La hembra Camborough 29 (Figura 3) combina cualidades de la raza Duroc en relación a la calidad de carne, con la eficiencia del resto de las características de la línea Camborough (PIC, 2012e).

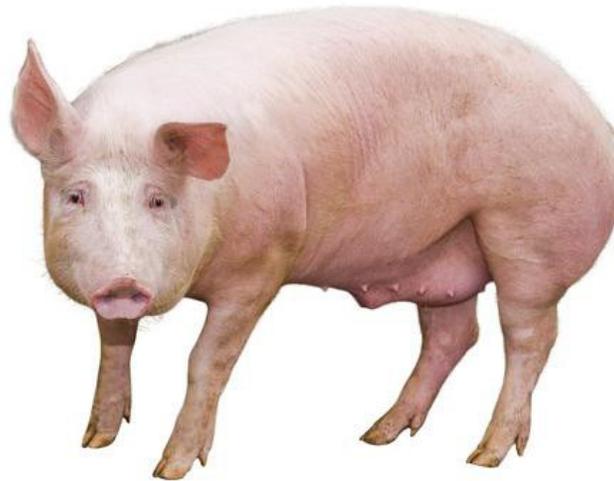


Figura 3: Camborough 29 de la Línea PIC.

FUENTE: Atahuampa PIC (2013a).

La productividad en la hembra es una característica de producción clave para los productores alrededor del mundo. Desde la introducción de la primera hembra Camborough, PIC ha establecido los estándares internacionales para total de nacidos, cerdos destetados, ganancia de peso de la camada, habilidad materna y su vida reproductiva global. Adicionalmente, PIC reconoce la contribución de la hembra en el crecimiento del desempeño de los cerdos en granja y en la comercialización. La familia PIC Camborough ofrece opciones de hembras que combinan una prolificidad comprobada y una superioridad demostrada en eficiencia alimenticia, tasa de crecimiento y calidad de carne. La Camborough 29 combina las características de calidad de carne con eficiencia a

lo largo de su vida productiva (PIC, 2012e). Altamente prolífica con excelente habilidad materna, asociado a la eficiencia alimenticia y durabilidad, lo que la convierte en una excelente candidata en reducir los costos de multiplicación (PIC, 2012f). A continuación algunas características más resaltantes (Atahuampa PIC, 2013a):

- Altísima capacidad reproductiva y maternal es el producto más recomendado para cualquier granja moderna que desee optimizar su productividad.
- Reúne cualidades de durabilidad y calidad de carne, así como eficiente conversión alimenticia.
- La hembra ideal para reducir costos de producción.
- Libre del gen halotano.

a.2. PICBoar 410

El macho terminal PB 410 o PIC 410 (Figura 4), es un semental híbrido que combina la conformidad y los sobresalientes rendimientos en corto de la línea Pietrain con la excelente conversión alimenticia del macho PB 337 (PIC, 2012g).

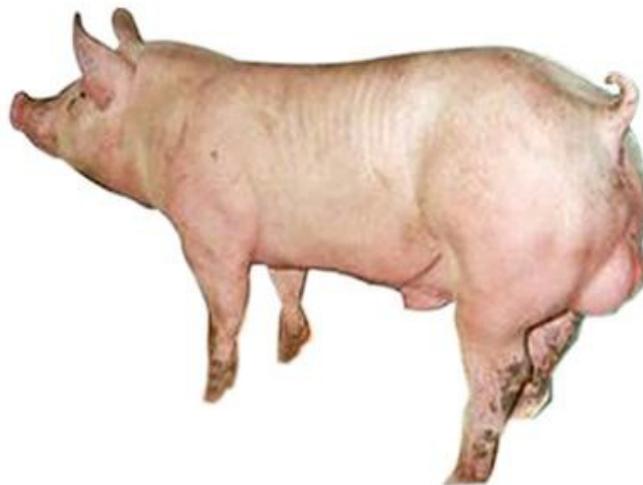


Figura 4: PicBoar 410 de la Línea PIC.

FUENTE: Atahuampa PIC (2013b).

El macho terminal PIC 410, es un híbrido que combina un alto rendimiento en cortes primarios, magrez y robusticidad con una excelente velocidad de crecimiento, conversión alimenticia y calidad de carne. Es el resultado de generaciones de selección cuantitativa para características de importancia económica y, recientemente, de selección asistida por marcadores. El macho terminal PIC 410 es ideal para aquellos productores que buscan un macho que entregue a la progenie eficiencia y un alto rendimiento magro en cortes primarios. Además, se recomienda en mercados que vendan en pie y que pongan énfasis en la conformación de los cerdos (PIC, 2012h). La progenie de este semental se espera robusta en comparación a otras líneas. A continuación algunas características más resaltantes (Atahuampa PIC, 2013b):

- Son sementales con muy buena conformación y musculatura.
- Color. Son machos predominantemente blancos.
- Muy buena libido.
- Excelente conformación y contenido magro.
- Buena ganancia diaria de peso y conversión alimenticia.
- Robusticidad y homogeneidad de la progenie.
- Recomendado para tipo de mercado de empacadoras y mercados en pie que ponen énfasis en la conformación de los cerdos.
- Macho con excelente balance entre conformación y velocidad de crecimiento.
- Progenie robusta y homogénea con buena conversión alimenticia.

2.1.5. REQUERIMIENTOS NUTRICIONALES DE LOS CERDOS

La alimentación de los cerdos debe estar basada en dietas que contengan niveles nutricionales adecuados a la genética, etapa fisiológico-productiva, estado sanitario de los animales y de la unidad de producción porcina, condiciones ambientales en donde estén alojados y al manejo al que estén sometidos los mismos (Fuentes *et al.*, 1989; citados por García *et al.*, 2012).

Debido a la evolución de las líneas genéticas porcinas, a la mejora en la calidad y oferta de nuevos ingredientes, así como a los estados sanitarios en los diversos sistemas de

producción, los requerimientos nutricionales de los cerdos se han modificado. Por ello, el especialista en nutrición y alimentación porcina debe ser sensible a la utilización y combinación de la información que ofrecen organismos como el *National Research Council* (NRC, 1998), *Institut National de la Recherche Agronomique* (INRA, 1984), Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal (FEDNA, 2006) y el *National Swine Nutrition Guide* (NSNG, 2010) citados por García *et al.* (2012). Estas fuentes de información cuentan con similitudes en los valores nutricionales, sin embargo, también existen variaciones que no deben ser ignoradas por el profesional que realice la formulación de las dietas (García *et al.*, 2012).

En el Cuadro 3 se muestra un ejemplo de dietas de lechón y gorrino donde se observa los diferentes insumos que se utilizan para balancear una dieta. En el Cuadro 4 se presentan los niveles nutricionales recomendados para las diferentes etapas de producción (lechones, cerdos en desarrollo y cerdos en finalización). El valor energético requerido puede ser expresado como Energía Digestible (ED), Energía Metabolizable (EM) y Energía Neta (EN). Sin embargo, es frecuente el uso de los valores de EM (García *et al.*, 2012).

Cuadro 3: Ejemplo de dieta para lechón y gorrino.

Insumo	Lechón (10 – 20 kg)	Gorrino (50 – 80 kg)
Maíz amarillo	62.00	64.00
Afrecho de trigo	8.00	18.00
Leche Descremada en polvo	5.00	
Aceite hidrogenado de pescado		2.00
Harina de pescado	12.00	
Torta de soya	12.00	15.00
Carbonato de calcio	0.50	1.10
Sal		0.25
Vitaminas más minerales	0.10	0.10
Promotor de crecimiento	0.03	0.02

FUENTE: Cadillo (2012) citado por MINAG (2013).

Cuadro 4: Niveles nutricionales recomendados en una dieta de cerdos.

	Lechones				Cerdos en desarrollo						Cerdos en	
	Pre-inicio		Destetados		Crecimiento		Hembras		Macho castrado		finalización	
	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max
Proteína bruta (%)	18	20	16.5	27	16.5	26	13.2	18.5	12.71	18.5	13.2	16
EM (kcal/kg)*	2550	2700	3200	3400	2350	3300	2300	3200	3200	3230	2250	2300
Fibra bruta (%)	2.5	3.5	3	5	3	5.5	3	6	3	6	3	6.5
Calcio (%)	0.7	0.72	0.7	0.9	0.6	0.9	0.45	0.8	0.45	0.7	0.45	0.8
Lisina digestible (%)	1.1	1.4	0.91	1.28	0.8	1.04	0.63	0.85	-	-	0.52	0.71
Metionina (%)	3.14		0.34	0.4	0.25	0.32	0.15	0.29	0.14	0.3	0.23	
Triptófano (%)	0.22	0.26	0.19	0.31	0.15	0.27	0.11	0.23	0.11	0.23	0.1	0.14
Treonina (%)	0.66	0.85	0.65	1.11	0.45	0.98	0.38	0.68	0.41	0.68	0.34	0.47
Fósforo disponible (%)	0.35	0.42	0.31	0.6	0.24	0.55	0.19	0.4	0.19	0.4	0.15	0.22
Na (%)	0.3	0.4	0.18	2.5	0.15	0.22	0.08	0.22	0.08	0.22	0.1	0.22

*Energía metabolizable (EM) kcal / kg de dieta completa

FUENTE: *Agricultural Research Council (ARC), 1981; Feeding Standards for Australian Livestock Pigs (SCA), 1987; Institut National de la Recherche Agronomique (INRA), 1984; National Swine Nutrition Guide (NSNG), 1995; The Kansas Swine Nutrition Guide (KSNG), 1997; National Research Council (NRC), 1998; Tablas Brasileñas para Aves y Cerdos (TBA y C), 2005; Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal (FEDNA), 2006; National Swine Nutrition Guide (NSNG), 2010; citados por García et al. (2012).*

a. Etapas de alimentación

Para esto tendremos una división de cinco etapas de alimentación. La primera etapa se le llama Fase I y empieza en el momento del destete y termina cuando el animal alcanza 12 kg de peso. La duración es entre 15 a 21 días, según los cerdos se desteten a 21 o 28 días de edad. La segunda fase se denomina Fase II, y empieza a los 12 kg de peso y termina a los 18 kg de peso. Tiene también una duración de 15 días. La siguiente etapa se le denomina Fase III o iniciador y comprende el período de los 18 a los 30 kg de peso. Tiene una duración de 30 días. En algunas líneas genéticas este período termina a los 25 kg de peso. Cuando los cerdos empiezan esta etapa con pesos superiores a los 18 kg, es mucho más ventajoso. A esta etapa se le conoce también como crecimiento. La etapa de desarrollo comprende de los 30 a 50 kg de peso y la duración es de 30 días. En algunas líneas genéticas este período puede llegar hasta los 60 kg. Por último, la etapa de engorde o finalización va de los 50 a los 90 o 100 kg y tiene una duración de 50 a 60 días, según sea el peso final de mercado (Campabadal, 2009).

b. Fuentes de alimentación

En la alimentación de los cerdos existe una gran variedad de ingredientes que pueden utilizarse en la formulación de una dieta. El nivel de uso de estos ingredientes en la ración, estará determinado por la composición nutricional del producto, de las restricciones nutricionales que tenga para las diferentes etapas productivas y del requerimiento de nutrimentos que se quiera satisfacer (Campabadal, 2009). Dependiendo del contenido de nutrientes, los ingredientes pueden ser clasificados en proteínicos, energéticos, fibrosos, vitamínicos, minerales, aditivos y suplementos (García *et al.*, 2012):

- Los que contienen proteínas se agrupan ya sea como proteínas completas o incompletas. Las proteínas completas contienen los nueve aminoácidos esenciales y se encuentran en ingredientes de origen animal. Sin embargo, la Pasta de Soya es la única proteína vegetal considerada como proteína completa. En tanto que las proteínas incompletas carecen de uno o más de los aminoácidos esenciales y siempre están asociadas a las fuentes vegetales (Cuadro 5) (García *et al.*, 2012).

Cuadro 5: Características limitantes para el uso de fuentes alimenticias en la producción porcina.

Fuente Alimenticia	Tipo	Características Limitantes	Cualidades	Ingredientes
Vegetal	Proteica	Desequilibrio en aminoácidos esenciales; contenido de fibra; fitatos; inhibidores proteínicos.	Proteína bruta > 20%; contenido de lisina, ácido linoléico conjugado; medio contenido de Ca y fósforo.	Pastas; soya; girasol; ajonjolí; harina de canola; gluten de maíz.
	Energéticas	Reduce la disponibilidad de lisina; micotoxinas; sabor; rancidez; alto índice higroscópico; fibra; taninos.	Contenido de hierro, potasio, cobre, magnesio, contenido de vitamina del complejo B, edulcorante, aglutinante.	Sorgo; maíz; trigo; avena; harina de yuca; remolacha; aceites de palma, coco, soya, maíz, girasol, colza, oliva, palma, linaza. Sacarosa, Dextrosa, Melaza.
	Fibrosas	Digestibilidad limitada; contaminación; biodisponibilidad.	Contenido de fósforo.	Salvado de arroz, salvado de trigo.
Animal	Proteicas	Origen y procesamiento.	Equilibrio de aminoácidos; alto valor biológico, calcio, hierro, sodio, potasio y fósforo; biodisponibilidad; alta concentración vitamínicas liposolubles e hidrosolubles.	Harina de pescado, harina de carne, sustituto de leche

«continuación»

Animal	Energéticas	Alto contenido de sodio y cloruro.	Valor energético, saborizantes, aglutinante.	Lactosa, suero deshidratado, sebo, manteca, grasa de pollo, aceite de pescado, mezcla de grasas.
Orgánica	Minerales	Coste.	Biodisponibilidad en minerales.	Harinas de hueso, quelatos, levaduras enriquecidas.
Naturales o sintéticas	Vitaminas	Oxidación, inactivación, pérdida rápida de actividad 10-50%, sensibles al calor y humedad, periodos cortos de almacenamiento menor a 6 meses.	Biodisponibilidad en minerales.	Liposolubles (A, D, E, K); Ácido ascórbico; hidrosolubles (B1, B2).
Sintéticos	Aminoácidos	Coste.	Pureza, biodisponibilidad.	DL-metionina; L-Lisina HLC; Metionina hidroxianáloga (MHA)

FUENTE: García *et al.* (2012).

- La energía no es técnicamente un nutriente, pero es liberado por las fuentes alimenticias que contienen carbohidratos y grasas (lípidos). La principal fuente de energía alimentaria para el cerdo son los carbohidratos (es decir, almidón), que constituye a los cereales o sus productos derivados (García *et al.*, 2012).
- Las fuentes de fibra cruda contienen celulosa, lignina y otros carbohidratos complejos que los cerdos digieren de forma limitada, sin embargo son utilizados frecuentemente en las dietas de los reproductores (García *et al.*, 2012).
- Las vitaminas son sustancias orgánicas que intervienen en funciones metabólicas de

los cerdos, como son la visión, reproducción, formación de huesos, la utilización de proteínas y aminoácidos, y en otras múltiples funciones que le permiten al cerdo sobrevivir. Las dos categorías de vitaminas son las solubles en grasas, donde se encuentran la vitamina A, vitamina D, vitamina E y vitamina K. La otra categoría es las solubles en agua y son el complejo B formado por la tiamina, piridoxina, riboflavina, niacina, ácido pantoténico, vitamina B 12, biotina, ácido fólico y colina y la otra soluble en agua es la vitamina C. Las vitaminas se expresan en términos de miligramos y microgramos por kilogramo de dieta (García *et al.*, 2012).

- Los minerales son elementos inorgánicos que tienen dos funciones importantes en el cerdo; una de tipo estructural como es la formación y constitución de los huesos y otra función metabólica que permite la utilización eficiente de nutrientes como las proteínas y los aminoácidos. Se clasifican en: los macro elementos como el calcio, fósforo, magnesio, potasio, azufre, cloro y sodio. La otra categoría de minerales se les llama micro elementos o minerales trazas y los que deben estar incluidos en una dieta de cerdos son el hierro, selenio, cobre, manganeso, yodo y zinc. Estos minerales se agregan en una premezcla en la dieta y se presentan como miligramos por kilogramo de dieta (Campabadal, 2009).
- Las sustancias aditivas se incluyen directa e intencionadamente al alimento, pre mezclas vitamínico-minerales y al agua de bebida durante su elaboración. Los aditivos pueden tener o no valor nutritivo, pero el propósito de su uso es tecnológico (fase de elaboración, envase, transporte o almacenamiento), de salud e inocuidad, medioambiental y de bienestar animal (García *et al.*, 2012).
- Los suplementos alimenticios, son un grupo de productos que existen en el mercado con la finalidad de incrementar el consumo voluntario total, complementarlo o reemplazar alguno (García *et al.*, 2012).

2.2. CALIDAD DE LA CANAL PORCINA

La producción porcina actual está basada en la utilización de híbridos comerciales obtenidos de razas o líneas raciales seleccionadas y especializadas en algún carácter. La calidad de la canal porcina adolece de falta de cualidades que si poseían los cerdos explotados en otro tiempo y que en la actualidad han desaparecido o están en vías de hacerlo. La utilización de estas razas autóctonas en las líneas de hibridación como

transmisora de caracteres deseables en calidad de carne es una vía para la conservación de la raza en pureza y una forma de ser utilizada por los ganaderos una vez que la demanda de los industriales lo exija (López *et al.*, 2000).

La investigación de la calidad de la canal y de la carne es una disciplina práctica, enfocada fundamentalmente a la mejora de la capacidad del sector cárnico, para satisfacer las necesidades de los consumidores de carne y productos cárnicos de calidad a un precio aceptable (Kempster, 1989). Las características de calidad de las canales se establecen principalmente a partir del peso de la canal, la conformación y el grado de engrasamiento. Estos parámetros proporcionan información, sobre la cantidad de músculo, la grasa y el hueso en la canal, así como la cantidad y composición de las piezas, cantidad de tendones y constitución de la musculatura y el tejido graso, información obtenida matemáticamente mediante análisis de regresión (Schön, 1973; citado por Ramos, 2008). En el cerdo, los sistemas de clasificación de canales más extendidos se realizan mediante la medida de la profundidad de grasa dorsal y músculo dorsal, que proporciona una estimación del porcentaje de magro de la canal (Ramos, 2008).

2.3. CALIDAD DE LA CARNE DE CERDO

La industria porcina tiene presente que tanto la calidad de la canal como la calidad de la carne son dos factores que se deben tener en cuenta en el control de calidad. La calidad de la carne se puede definir de varias maneras, siendo una definición representativa la siguiente: “La calidad de la carne consiste en la combinación de características que son indicativas de su valor comercial y del grado de aceptabilidad del consumidor”. Esta definición incluye criterios o características cuantitativo y el criterio cualitativo (Sánchez, 1999).

La calidad de la carne de cerdo está influenciada por un gran número de factores de tipo genético y no genético. Los principales factores que influyen sobre la calidad de la carne de cerdo son los que determinan que el músculo muestre características PSE o DFD, que tenga un pH final anormal y el nivel de grasa intramuscular que presente (Warriss, 2003). Estos se pueden clasificar en (Ramos, 2008):

- Factores *ante mortem*: dentro de ellos tenemos al estado fisiológico del animal, predisposición genética, alimentación, alojamiento y transporte.
- Factores en matadero: corrales, manejo de los animales, tipo de Aturdimiento y desangrado.
- Factores *post mortem*: temperatura de la canal, efectividad del enfriamiento, condiciones higiénicas.

En los estudios sobre el mapa genético de la especie porcina y la influencia de determinados genes sobre la calidad de la carne, se han descrito como genes especialmente implicados en la calidad: el “gen halotano”, responsable del síndrome de estrés porcino (Channon *et al.*, 2000) y el “gen rendimiento Napole” (Gen RN-), responsable de la carne ácida (Alarcón, 2005). Ambos generan carnes con una calidad disminuida. El primero es responsable en gran parte de la carne pálida, blanda (deformable) y exudativa (PSE), mientras que el segundo es responsable de carne con bajo pH y por lo tanto con baja capacidad de retención de agua (Moelich *et al.*, 2003). Sin embargo, la mayoría de los atributos de calidad vienen determinados por factores en los que intervienen varios genes. En cualquier caso, la información a nivel del ADN puede ayudar a productores, y criadores de cerdo a seleccionar los animales (Ramos, 2008).

Otro de los grandes grupos de factores que afectan la calidad de la carne de cerdo (especialmente a la cantidad y calidad de grasa) es la nutrición y sistema de explotación (Lobley, 1998; Cameron *et al.*, 2000; Nilzen *et al.*, 2001; Wood *et al.*, 2003; citados por Ramos, 2008). Se están desarrollando distintas estrategias de alimentación que contribuyan no solo a un rápido crecimiento, sino a la mejora de la calidad de la carne de cerdo: aumento de la estabilidad a la oxidación, disminución de la pérdida de líquidos durante el almacenamiento, cantidad de grasa en el músculo y calidad nutritiva de la grasa. Estas estrategias incluyen el uso de suplementos de aminoácidos, minerales (Cr, Mg o Cu), vitamina E, ácido linoleico conjugado, inhibidores enzimáticos glicolíticos, etc. (Pettigrew y Esnaola, 2001).

Interrelacionados con la genética, alimentación y sistema de explotación, otra gran parte de los caracteres de calidad de la carne de cerdo son función del manejo de los animales previo al sacrificio y su influencia sobre el pH *post mortem*, así como los factores *post*

mortem de faenado y tratamiento de la carne (Rosenvold y Andersen, 2003; Hambrecht, 2004; Olsson y Pickova, 2005; Silva *et al.*, 2005). Los principales mecanismos que actúan sobre la calidad de la carne en estas fases están relacionados con la velocidad y la magnitud del descenso del pH después del sacrificio. Además de la cinética de acidificación de la carne, el estado higiénico y la contaminación química son otros factores de calidad indirectos o indicadores de calidad (Díaz *et al.*, 1999; Velasco, 2001; Ramírez, 2003; Silva *et al.*, 2005; Alarcón *et al.*, 2006; citados por Ramos, 2008). Para valorar la calidad de la carne de forma directa existen diversos parámetros como los caracteres organolépticos: color, olor, flavor, terneza, capacidad de retención de agua y cantidad y composición de la grasa, que no son fáciles de determinar en la cadena productiva (Hoving *et al.*, 1998, Joo *et al.*, 2002; citados por Ramos, 2008).

2.3.1. COMPOSICIÓN QUÍMICA Y PROXIMAL

La composición química de la carne es importante desde el punto de vista de su calidad ya que afecta la calidad tecnológica, higiénica, sanitaria, sensorial y funcional (Sañudo *et al.*, 1998). Además, en relación con la calidad nutricional, la carne tiene especial relevancia ya que es un componente de la alimentación humana que aporta un amplio rango de nutrientes como proteínas, grasas, minerales, vitaminas, etc., siendo una fuente importante de proteínas, minerales como el Fe, P y Mn y vitaminas liposolubles. Un aspecto característico de la composición de la carne de cerdo es que contiene de 5 a 10 veces más tiamina que otras carnes (Schweigert, 1987; citado por Ramos, 2008).

El análisis más básico de la composición de la carne es la determinación de la composición proximal, es decir, del contenido de humedad, grasa, proteína y cenizas. Estos análisis revelan el valor nutritivo básico de un producto y cómo puede ser combinado con otras materias primas para alcanzar el nivel deseado de los distintos componentes principales de una dieta (Izaurieta, 1994). Para estas determinaciones, con fines de caracterización, se suele utilizar el músculo *Longissimus dorsi* (Ramos, 2008).

Existen factores que influyen sobre la composición química de la carne, como el genotipo, el estado fisiológico, la dieta, el sistema de manejo, el tipo de músculo, etc. (Huerta *et al.*,

2003). En el Cuadro 6, se muestra la composición proximal media de la carne de distintas especies animales.

Cuadro 6: Composición proximal de la carne de distintas especies animales.

Especie	Humedad (%)	Proteína (%)	Lípidos (%)	Cenizas (%)
Tenera	71.4	21.2	5.0	1.08
Cordero	72.5	20.9	5.9	1.06
Cerdo	71.8	21.8	5.3	0.98
Pollo	75.5	21.4	3.1	0.96
Pavo	74.2	21.8	2.9	0.97
Cabrito	75.8	20.6	2.3	1.10
Conejo	72.8	20.1	5.6	0.72

FUENTE: Martín Cáceres (2001) citado por Ramos (2008).

a. Humedad

El agua, que es el componente mayoritario de la carne, influye sobre la calidad afectando la jugosidad, la blandura, el color y el sabor. Carballo *et al.* (2001) nos dice que como la mayor parte de agua se encuentra atrapada entre las proteínas miofibrilares (70 por ciento), existe una relación casi constante entre el contenido de proteína miofibrilar de la carne y de su agua (Sánchez, 1999). El contenido en agua disminuye a medida que aumenta el contenido de grasa en el músculo (Forrest *et al.*, 1979; citados por Ramos, 2008). Así, en cerdos autóctonos con alto grado de engrasamiento muscular los contenidos en humedad son inferiores a las razas mejoradas con bajo grado de engrasamiento (Ramos, 2008). Por ejemplo, en autóctonos chinos, las mediciones de humedad en el músculo *Longissimus* fueron de 71,4 por ciento para la raza Neijiang de 90 kg de peso vivo, 60 por ciento para la raza Rongchang y 63,9 por ciento para la raza Chenghua, con un peso vivo de 85 kg (Meiqing *et al.*, 2001).

En la carne, el agua se encuentra distribuida en tres formas diferentes: el agua ligada, el agua inmovilizada y el agua libre (Forrest *et al.*, 1979; Swatland, 1991; citados por Ramos,

2008). La pérdida de esta última tiene lugar durante el enfriamiento de la canal y ocurre por evaporación o por goteo (CRA). La pérdida de agua en la carne toma importancia debido a que esta es vendida por peso y la cantidad de agua que se pierde durante su almacenamiento afecta el rendimiento (Roseiro *et al.*, 1994; citados por Ramos, 2008). Así mismo, muchas de las propiedades físicas de la carne (color y textura en carne cruda) y de aceptación (jugosidad y terneza en carne cocinada) dependen de su capacidad para no perder esta agua (Forrest *et al.*, 1979; Warner *et al.*, 1993; citados por Ramos, 2008).

b. Grasa

El Departamento de Agricultura de Estados Unidos (USDA, 2004; citado por Ramírez, 2004) ha realizado una publicación donde señala que el contenido de grasa para cerdo esta entre 9.4 y 7.8 por ciento para pierna y lomo, respectivamente, aunque estos valores varían con la raza y el tipo de corte en cada país. Los valores de las tablas de composición química de los diferentes tipos de carne deben observarse cuidadosamente porque muy pocas especifican el tipo genético, músculo, grado de separación/recorte de grasa.

El contenido en grasa intramuscular tal vez sea el parámetro de la composición proximal con mayor efecto sobre la calidad de la carne. Como se ha indicado anteriormente, la calidad sensorial de la carne de cerdo depende del contenido en grasa intramuscular (GIM), considerando que en general mejora dicha calidad y que una cantidad por debajo del dos por ciento en el músculo podría ser responsable de rechazo en el consumidor (Mabry y Bass, 1998).

En la carne de cerdo el contenido de lípidos es muy variable. La cantidad de GIM dependerá principalmente de la genética, del peso vivo, de la alimentación y sistema de explotación. Para García de Siles (1973) citado por Ramos (2008) cada raza presenta un patrón característico en la deposición del tejido graso. En general las razas más rústicas presentan mayor contenido de grasa intramuscular que las razas especializadas, aunque los resultados obtenidos con distintas razas han de ser considerados en el contexto del peso vivo del animal y de las condiciones de nutrición y manejo. Mayoral *et al.*, (1999) analizaron los músculos *Longissimus dorsi* y *Bíceps femoris* de cerdos ibéricos. Sus

resultados indican la habilidad de esta raza para la deposición de grasa infiltrada. Así mismo, las mediciones en el músculo *Longissimus* de un cerdo de Neijiang, en China, de 90 kg, dieron un contenido de 3,7 por ciento de grasa y en el cerdo Rongchang, también de China se encontró 3,2 por ciento (Meiqing *et al.*, 2001). El cerdo criollo Chato Murciano, en España, tiene 6,39 por ciento de grasa intramuscular en el músculo *Longissimus* (Peinado *et al.*, 2004). Devol *et al.* (1988) luego de evaluar 120 canales del cerdo blanco encontró que el contenido de grasa intramuscular en el músculo *Longissimus*, fue de 3,18 por ciento, mientras Séliier (1988) encontró niveles más bajos en el mismo músculo, 2,33 por ciento para la raza Landrace. Sin embargo, Lo *et al.* (1992); citados por Ramos (2008) encontraron casi un 5 por ciento de grasa intramuscular en el músculo *Longissimus* en una línea Duroc. Además de lo dicho anteriormente sobre la variación en el contenido de GIM, esta también depende del músculo que se considere. Por ejemplo, en el lomo están entre 1,5-2 por ciento (Mourot y Hermier, 2001).

c. Proteínas

Las proteínas constituyen el componente mayoritario de la materia seca del músculo estriado. La proteína cárnica tiene un elevado valor biológico. Esta proteína representa entre el 25 y 30 por ciento del total de proteínas consumidas en países industrializados y entre el 12 y 20 por ciento en los países en vías de desarrollo (López de Torre *et al.*, 2001). La carne de cerdo contiene por término medio 14,5 g de proteína por cada 100 g (López de Torre *et al.*, 2001), aunque este nivel es mayor cuando se habla de porción muscular y no de carne. Por poner un ejemplo de contenido en proteínas de cerdos autóctonos de razas rústicas, el contenido de proteína en el músculo *Longissimus* de un cerdo de 90 kg de raza Neijiang fue de 23,9 por ciento, en el cerdo de raza Rongchang 24,8 por ciento y en un cerdo de 85 kg de Chenghua de 25,8 por ciento (Meiqing, 2001).

La clasificación más aceptada de las proteínas cárnicas tiene lugar con respecto a su solubilidad y localización. Así tenemos tres grupos: las proteínas sarcoplásmicas (mioglobina, hemoglobina y enzimas asociadas a la glucólisis, al ciclo del ácido cítrico y a la cadena transportadora de electrones); las proteínas miofibrilares (entre otras, actina, miosina, tropomiosina, troponina, actinina α y β , proteína C y proteína M) y las proteínas del estroma (constituyentes del tejido conectivo, que son comparativamente insolubles)

(López de Torre *et al.*, 2001; Santrich, 2006). La cuantificación de la proteína total se efectúa mediante el método de Kjeldahl, después de ser digerida la muestra con ácido sulfúrico en presencia de un catalizador (Olvera *et al.*, 1993; citados por Ramos, 2008).

d. Cenizas

Las cenizas es el indicador indirecto del contenido en minerales de un alimento. La determinación de cenizas es referida como el análisis de residuos inorgánicos que quedan después de la ignición y oxidación completa de la materia orgánica de un alimento. La ceniza remanente es el residuo inorgánico y la medición de la ceniza total es útil en el análisis de alimentos (Ramos, 2008).

Las cenizas están compuestas de elementos minerales (calcio, fósforo etc.). La carne contiene metales alcalinos, alcalinotérreos, hierro, cloro, azufre, fósforo y diversos oligoelementos. Los minerales están presentes en la carne de cerdo en 1 por ciento, siendo los más importantes el hierro, manganeso y fósforo, los cuales son de gran importancia para el organismo humano, pues intervienen en la formación de huesos y dientes (Eusse, 2000).

2.3.2. EFECTO DE LA GRASA

El papel potencial de la grasa intramuscular (de vetado) contribuyendo a la jugosidad y la ternura se ha mencionado con anterioridad. Varios estudios sugieren que bajos niveles de grasa intramuscular reducen la calidad sensorial de la carne, mientras que por el contrario, niveles altos son beneficiosos. Wood (1995) citado por Warriss (2003) ha sugerido varias razones para explicar esto. La mejora en la ternura podría estar causada porque la grasa blanda diluye el efecto de los elementos microfibrilares, más duros, reduciendo de esta manera la fuerza al corte, o porque la grasa reduzca la rigidez de la estructura muscular, o bien porque pueda permitir que los fascículos de fibras se separen unos de otros más fácilmente. La mejora en la jugosidad puede estar fundamentada en que la grasa promueve la secreción de saliva en la boca y porque a causa de las reacciones de la grasa durante el cocinado se puede producir un mejor flavor (Warriss, 2003).

2.4. CALIDAD DE LAS GRASAS

El contenido lipídico y más aún el tipo de grasas: saturadas e insaturadas (mono y poli-insaturadas) y su relación, así como el contenido de colesterol constituyen las principales características a contemplar dentro de lo que calidad de grasas se refiere (Bianchi *et al.*, 2005). En este sentido y de acuerdo a recomendaciones del Departamento Británico de Salud, es deseable una composición rica en ácidos grasos poli-insaturados (PUFA) y pobre en ácidos saturados (SFA), con una relación PUFA/SFA > 0,4 y η -6/ η -3 < 4. A su vez, el consumo de colesterol diario, de acuerdo al Departamento de Salud Americano, debería ser inferior a 300 mg (Bianchi *et al.*, 2005).

2.4.1. LA GRASA DE LA CARNE DE CERDO

Como cualquier alimento que procede de un animal terrestre, el cerdo contiene grasa saturada y colesterol, ambos implicados en el aumento de colesterol plasmático. Sin embargo, se ha descubierto que, del total de grasa, es mayor la proporción de grasa monoinsaturada o grasa buena, que ronda el 48 por ciento, frente a la proporción de grasa saturada, de alrededor un 42 por ciento. Incluso contiene más cantidad de grasa insaturada que otras carnes como la ternera. Se puede afirmar, entonces, que la carne de cerdo aporta grasa, pero de buena calidad. En el cerdo de raza ibérica la proporción de grasa monoinsaturada es mayor todavía, ya que supera el 50 por ciento del total, mientras que la saturada representa un porcentaje todavía menor con respecto al cerdo blanco (Eroski Consumer, 2007). El perfil de ácidos grasos de la carne de cerdo se define por la alimentación que se da al animal. En el caso de los cerdos ibéricos, ésta consta de bellotas y pasto de montanera, vegetales ricos en grasas insaturadas. En referencia al colesterol, la carne de cerdo aporta entre 64 y 84 miligramos por cada 100 gramos, cantidad muy semejante al resto de carnes y aves. La ingesta de grasas insaturadas, y en especial monoinsaturadas, contribuye a reducir los niveles del llamado colesterol malo o LDL y a aumentar los niveles del colesterol bueno o HDL (Eroski Consumer, 2007). De todas formas, a pesar del buen perfil de grasa que posee la carne de cerdo, ésta no puede contemplarse como alimento para prevenir enfermedades, ya que la concentración de grasa difiere mucho a la de otros alimentos cardiosaludables como los frutos secos o el aceite de oliva (Eroski Consumer, 2007). Sí que se puede afirmar, sin embargo, que un consumo

moderado de carne de cerdo, tanto en frecuencia como en cantidad, no es el causante de tanto perjuicio para la salud cardiovascular como se decía años atrás. Por tanto, la carne de cerdo, dando preferencia a las partes más magras, se puede contemplar dentro de una dieta cardiosaludable (Eroski Consumer, 2007).

2.5. PROPIEDADES TECNOLÓGICAS DE LA CARNE

Las propiedades tecnológicas de la carne permiten evaluar su aptitud en las diferentes etapas de conservación, comercialización, industrialización y preparación para el consumo y están relacionadas con las propiedades sensoriales. Algunas propiedades tecnológicas importantes son la capacidad de retención de agua (o CRA, que determina las pérdidas de peso, principalmente por liberación de jugos), el pH, la textura y el color (Mateo *et al.*, 2010). El pH, color y CRA son atributos organolépticos y tecnológicos que están fuertemente interrelacionados (Braun y Pattacini, 2011). Las características texturales en general, y la ternura en particular se han observado como los factores más importantes que determinan la calidad de los productos cárnicos (Savell *et al.*, 1989; citados por Miezeliene *et al.*, 2011). Por su parte Wood *et al.* (1995), citados por Miezeliene *et al.* (2011) nos dice que la textura y el color son los principales parámetros de calidad que podrían afectar a la aceptabilidad de los productos (Wood *et al.*, 1995; citados por Miezeliene *et al.*, 2011).

2.5.1. pH

Tras la muerte del animal, cesa el aporte sanguíneo de oxígeno y nutrientes al músculo, el cual debe utilizar sus reservas de energía para sintetizar ATP con el fin de mantener su temperatura e integridad estructural. Conforme se reducen los niveles de ATP se genera simultáneamente fosfato inorgánico, que a su vez estimula la degradación de glucógeno a ácido láctico mediante la glucólisis anaerobia. La formación de ácido láctico y de otros ácidos orgánicos va a provocar un descenso del pH muscular que continúa hasta que se agotan las reservas de glucógeno o hasta que se inactivan las enzimas que rigen el metabolismo muscular (Lawrie, 1998; citado por Cañeque y Sañudo, 2005). El pH estima el nivel de ácido láctico y de otros ácidos orgánicos de las carnes, circunstancia que lo convierte en el parámetro de referencia para evaluar la glucólisis muscular *post mortem* y

las desviaciones de la calidad de la carne durante la misma. La evolución del pH tras el sacrificio va a tener un profundo efecto sobre las propiedades tecnológicas de la carne. Así conforme disminuya el pH y se va aproximando al punto isoeléctrico de las proteínas miofibrilares, las repulsiones electrostáticas entre proteínas disminuyen y la cantidad de agua situada entre las mismas es cada vez menor. Por otro lado, la baja disponibilidad de ATP impide que se mantenga la integridad estructural de las proteínas, las cuales sufren fenómenos de desnaturalización que reducen aún más la cantidad de agua retenida, afectando al color, la textura y el grado de exudación de la carne (Séllier, 1988).

El pH muscular en los animales vivos se sitúa en 7,08 y 7,30. En condiciones normales, el pH en la carne de cerdo suele descender hasta valores de 5.6-5.8 a las 24 h posteriores al sacrificio. Existen parámetros como el sexo, la edad y el peso al sacrificio que no tienen efecto sobre el pH final de la carne, mientras que la raza, el sistema de aturdimiento y el tiempo de maduración de la carne sí parecen influir en los valores finales del pH (Silva *et al.*, 1999; Hambrecht, 2004; Oliván *et al.*, 2003; Monsón *et al.*, 2004; Önenc y Kaya, 2004; citados por Ramos, 2008). No obstante, algunos autores indican diferencias según el sexo en los valores y evolución del pH debido a un distinto potencial glicolítico (Larzul *et al.*, 1997 citado por Ramos, 2008), aunque este efecto se mantiene en controversia (Ramos, 2008). Según Aberle *et al.* (2001), la carne de los animales antes del sacrificio tiene un pH de 7.1. Después de sacrificio el glucógeno presente en la carne se transforma en ácido láctico resultando en un descenso del pH. La carne de cerdo alcanza su valor de pH más bajo de 5.4 a 5.8 en 6 a 10 horas después de sacrificio. Después de que se alcanza el valor más bajo, el pH empieza a subir nuevamente de manera lenta pero continua, hasta llegar a un valor de 6.5, que indica que la carne ya está empezando a descomponerse. El pH ideal de la carne de cerdo oscila entre 5.8 y 6.3, la carne con mayor pH tiene mejores propiedades de retención de agua (Algarañaz, 2007). La velocidad de la glucógenolisis en porcino es más rápida que en otras especies como el bovino, debido a que la implicación del sistema simpático méduloadrenal durante el transporte y manejo es mucho mayor (Tarrant y Sherington, 1980, citados por Ramos, 2008). El descenso de pH en el cerdo es más rápido cuando el animal sufre un estrés agudo en el momento del sacrificio, ya que su temperatura corporal es mayor y la velocidad de la glucólisis se ve aumentada con la temperatura, al igual que cuando la temperatura de la carne durante oreo es más elevada debido a una baja velocidad de refrigeración (Hambrecht, 2004).

a. Medición del pH

Una alternativa a la muestra directa es la toma de una pequeña muestra de carne, homogeneizarla en agua y medir el pH en el homogeneizado. Lo apropiado es el empleo de una relación de 1 parte de carne por 10 partes de agua. Debido a que se hace un muestreo de un mayor volumen de muestra, la medida del pH puede ser más representativa que el valor de la sonda. Sin embargo, pueden aparecer pequeños errores debidos a cambios producidos durante la homogeneización. En especial, puede ser importante el cambio en las concentraciones de iones circundantes a las células musculares, apareciendo efectos de dilución (Warriss, 2003).

2.5.2. COLOR

La *Commission International de l'Eclairage* (CIE) define el color percibido como el atributo visual que se compone de una combinación cualquiera de contenidos cromáticos y acromáticos. Este color no depende sólo del color físico del estímulo sino también de su tamaño, forma, estructura y estímulos que le rodean, aparte del estado del sistema visual del observador y de su experiencia en situaciones de observación semejantes o relacionadas (Cañeque y Sañudo, 2005). La carne está compuesta por dos fracciones: el músculo y la grasa. La estructura del músculo y la concentración de pigmentos influirán en la cantidad de luz reflejada y, por tanto, en su color. La determinación del color de la grasa y el músculo es fundamental para ofrecer un producto tipificado al consumidor. No obstante, en el caso del músculo la medida es mucho más compleja debido a que la apariencia del color varía al estar condicionada por los procesos químicos de oxidación y oxigenación de la mioglobina (Cañeque y Sañudo, 2005).

a. Atributos del color

Según Cañeque y Sañudo (2005) la percepción del color de un producto es la respuesta del sistema visual de un observador real al estímulo producido por la energía radiante que procede de la capacidad de reflexión por la materia de las diferentes radiaciones luminosas del espectro visible. Los atributos de color son:

- La claridad (*Lightness*), sería la luminosidad del estímulo juzgada en relación con la luminosidad de otro estímulo que aparece como blanco o transparente. Se halla correlacionado con el estado físico de la carne, debido al pH final del músculo, la estructura de las fibras musculares y la cinética en la instalación del *rigor mortis*. El valor de L* va de 0 (negro) a 100 (blanco).
- El tono (*Hue*) es el atributo de la sensación visual según el cual el estímulo aparece similar a uno de los colores percibidos como rojo, amarillo, verde o azul, o a ciertas proporciones de dos de ellos. En el caso del color del músculo, el estado químico del pigmento influido por la oxidación de la mioglobina (mioglobina de color rojo púrpura, oximioglobina de color rojo vivo, metamioglobina de color pardo), determinará el tono del color. Está correlacionado con los factores *post mortem*.
- El croma (*Chroma*) es el atributo de la sensación visual que permite valorar el color de un área que aparece más o menos coloreada, dando la sensación de colores vivos o apagados. Se relaciona con los factores *ante mortem*. La cantidad del pigmento en el músculo (mioglobina) determinará la saturación del color. Varía de 0 a 200.

b. Factores que afectan el color

El color de la carne es uno de los principales factores que determinarán el valor del producto en el momento de su comercialización, ya que el consumidor relaciona el color de la carne con la calidad sensorial y microbiana (carne sana y comestible) de la carne. Mancini y Hunt (2005) indican una serie de factores que afectan al color, tales como: genética, alimentación, conservación de la carne, etc. Existen tres factores de variación del color del músculo (Cañequé y Sañudo, 2005 y Honikel, 1998):

- El *contenido de pigmentos* que es el factor intrínseco más importante, y está relacionado con la especie, la edad del animal, la raza, el sexo y el tipo de alimentación.
- Las *condiciones del periodo pre y post sacrificio* (estrés, temperatura y humedad de la cámara, etc.) que afectarán el color, al variar la velocidad de caída del pH y su valor final.
- El *tiempo de almacenamiento y las condiciones de comercialización* que, debido a los procesos de oxigenación y oxidación modificarán la apariencia de su color.

c. Medición del color

c.1. El sistema CIELAB

La *Commission Internationale de l'Eclairage* (CIE) ha especificado un espacio de color denominado CIELAB. Éste tiene la forma de una esfera y tiene la ventaja de que se aproxima estrechamente a la uniformidad visual por lo que distancias iguales en el sistema representan aproximadamente distancias visuales iguales tal y como las percibe el ojo humano. Los valores triestímulo usados para calcular tres coordenadas son: L^* , a^* y b^* cualquier grupo de valores de L^* , a^* y b^* define un color con exactitud como un punto en la esfera de color tridimensional. L^* es el componente o valor luminosidad, a^* y b^* son coordenadas de cromaticidad. La coordenada a^* mide el rojo-verde, la coordenada b^* mide el amarillo-azul (Warriss, 2003). Las coordenadas a^* y b^* pueden usarse para calcular la saturación del color (croma) y el tinte. La saturación de color (croma) se calcula como la raíz cuadrada de $(a^{*2}+b^{*2})$. El tinte se calcula como el ángulo cuya tangente es (b^*/a^*) , del modo $\tan^{-1}(b^*/a^*)$. Esta fórmula es válida cuando a^* y b^* son mayores a 0 pero precisan de una modificación con determinados valores negativos de a^* y b^* . Si a^* es menor a 0, se calcula según la fórmula $\text{tinte} = 180 + \tan^{-1}(b^*/a^*)$. Por el contrario para valores de a^* es mayor a 0 pero b es menor a 0, entonces la fórmula a usar es $\text{tinte} = 360 - \tan^{-1}(b^*/a^*)$. Estas correcciones son necesarias debido a que el sistema que define el color en función de la luminosidad, el tinte o la saturación (croma) emplea coordenadas polares o cilíndricas, en lugar de coordenadas cartesianas (Warriss, 2003).

Los valores de L^* , a^* y b^* son convenientemente medidos usando analizadores triestímulos de color portátiles tales como el Minolta Chroma Meter (Minolta (UK) Limited, Milton Keynes, UK). Estos instrumentos miden también los valores del tinte y la saturación de color de modo automático si así se requiere (Warriss, 2003). Existen algunas consideraciones prácticas cuando se mide el color de la carne. Las muestras necesitan ser lo suficientemente gruesas para prevenir que la luz pase a su través. En la práctica esto significa una profundidad mínima de al menos 1cm, o preferiblemente 2.5 cm. Las muestras necesitan ser expuestas al aire por un periodo de tiempo suficiente para que se produzca la oxigenación de los pigmentos de la superficie (*bloom*) si lo que se utiliza es una superficie de carne fresca. Esta oxigenación requiere de un mínimo de 15 minutos, o aún mejor, una exposición de una hora. Cualquier envoltura de film plástico puede influir

ligeramente en las lecturas y debe tenerse en cuenta. Los analizadores triestímulo pueden trabajar con diferentes características de iluminantes. El CIELAB especifica dos iluminantes. El iluminante C que es equivalente a la luz diurna natural. El iluminante D₆₅ incluye parte de ultravioleta. La elección de un iluminante u otro tiene efectos muy pequeños en las lecturas realizadas a la carne (Warriss, 2003).

d. Color de la carne de cerdo

El color de la carne de cerdo está determinado por el estado químico del pigmento mioglobina que se encuentra en el músculo. La mioglobina contiene un átomo central de hierro, el estado del hierro (ferroso o férrico) en la globina y sus enlaces con diferentes gases determina el color del pigmento. En carne de cerdo fresca la mioglobina existe en una forma oxigenada conocida como oximioglobina, la cual presenta un color rojo brillante, un rojo más púrpura está asociado a la mioglobina no oxigenada. La oxidación de la mioglobina u oximioglobina a metamioglobina da como resultado un color más café en la carne de cerdo (Van, 2000). La mioglobina al ser una proteína sarcoplasmática se puede disolver en agua perdiéndose de esta manera en la purga de la carne y afectando la intensidad de color rojo de la carne de cerdo (Algarañaz, 2007). Lawrie (1985) citado por Algarañaz (2007), indica que el color de la carne de cerdo puede ser fuertemente influenciado por el pH y el proceso de enfriamiento de la carne. La oxigenación de la molécula oximioglobina y el efecto del pH en las proteínas de la carne dan como resultado un color más oscuro, mientras que una caída rápida del pH de la carne hace que la mioglobina se oxide a metamioglobina dando una apariencia más pálida a la carne de cerdo.

2.5.3. DUREZA

La mayoría de consumidores consideran a la dureza como el factor más importante que determina la calidad de la carne. Quizás sea debido esto a que, cuando se habla de carne, frecuentemente se utilizan indistintamente los términos textura y dureza, y conviene recordar que no son sinónimos. La textura es una propiedad sensorial, mientras la dureza es un atributo de textura (Chrystall, 1994). La dureza de la carne está determinada

directamente por las propiedades de las estructuras proteicas contráctiles, del citoesqueleto y conjuntivas, las cuales son muy variables dependiendo de la genética, edad, nutrición y factores de manejo *pre* y *post mortem*. Además, todos los factores que influyen en la cantidad de grasa intramuscular afectan a su vez a la ternura o resistencia al corte de la carne de cerdo y de otras especies animales (Ramos, 2008).

a. Factores que afectan la textura de la carne

Tres factores principalmente son los que se conocen afectan la textura de la carne. Estos son la longitud del sarcómero, la cantidad de tejido conectivo y su grado de entrecruzamiento, y la intensidad de los cambios proteolíticos ocurridos durante el acondicionamiento *post-mortem*. Además, la presencia de cantidades elevadas de grasa intramuscular (grasa de marmoreado o veteado) hacen la carne más tierna debido a que la grasa es más blanda que el músculo. En particular en el periodo *post-mortem* inicial, antes de que se desarrollen los cambios asociados con el acondicionamiento, hay evidencias de que el diámetro de las fibras musculares influye en la textura. Una mayor proporción de fibras pequeñas, que generalmente son fibras oxidativas, está asociada con una mayor ternura de la carne (Tuma *et al.*, 1963; Crouse *et al.*, 1991; citados por Warriss, 2003). Otros factores *post mortem* incluyen (Santrich, 2006; Ramírez, 2004): métodos de trozado y de cocción, refrigeración o congelación de la carne, estimulación eléctrica, la adición de agentes ablandadores, así como el tiempo y la temperatura de maduración después del sacrificio. Durante la maduración de la carne (Figura 5) se producen diversos cambios positivos sobre sus características, como la disminución de la dureza de la carne (Oliván *et al.* 2013), en donde el ablandamiento o tenderización de la carne es debido al grado de activación del complejo enzimático Calpaínas-calpastatinas, responsable de la degradación de las fibras musculares (Sentandreu *et al.*, 2002). Por otra parte, los valores de pH finales altos favorecen la proteólisis mediada por las calpaínas, las cuales poseen un óptimo de actividad cercano a la neutralidad (pH=7). Pese a la acción proteolítica de las calpaínas sobre sí mismas, la carne con estos valores tiende a ser más tierna que la carne con pH más bajos. De hecho, la carne más dura tiende a presentarse cuando tienen pH finales en el rango de 5,8-6,2. Por debajo de pH 5,8 la carne empieza a ser más tierna, pero no más tierna que por encima de 6,5. En otras palabras, parece existir una relación curvilínea entre textura y pH final (Warriss, 2003).

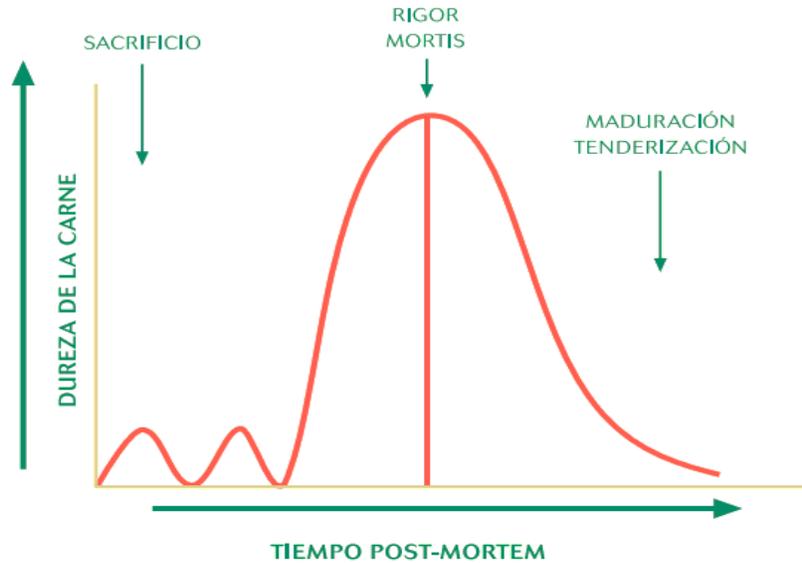


Figura 5: Esquema que representa la evolución de la dureza de la carne, desde el sacrificio y a través de las distintas fases de transformación del músculo en carne.

FUENTE: Oliván *et al.* (2013).

b. Medición de textura

Según Ramos (2008), la textura de la carne puede ser evaluada por diferentes métodos subjetivos (pruebas de consumidores y/o paneles de catadores) y objetivos (mecánicos, estructurales, químicos y otros). Para evaluar la terneza muchos autores utilizan el método Warner-Bratzler (Honikel, 1998). En la Figura 6, se observa la representación gráfica de los parámetros mecánicos del test de Warner-Bratzler. Este método mide la fuerza necesaria para cortar un cilindro de carne de 1 cm de diámetro con una cuchilla de borde romo. Cuanto mayor es la fuerza, más dura es la carne (Szczesniak y Torgeson, 1965; citados por Ramos, 2008).

Muchos factores influyen en la medición, como: la temperatura de cocinado, la uniformidad de la muestra a analizar, la dirección de las fibras musculares, la cantidad y distribución del tejido conjuntivo y materia grasa, la temperatura de la muestra, y la velocidad de la célula Warner-Bratzler. Los estudios indican que el ensayo de Warner-

Bratzler puede proporcionar información sobre las propiedades de textura debida a los dos componentes estructurales de la carne, los miofibrilares y los del tejido conectivo (Honikel, 1998).

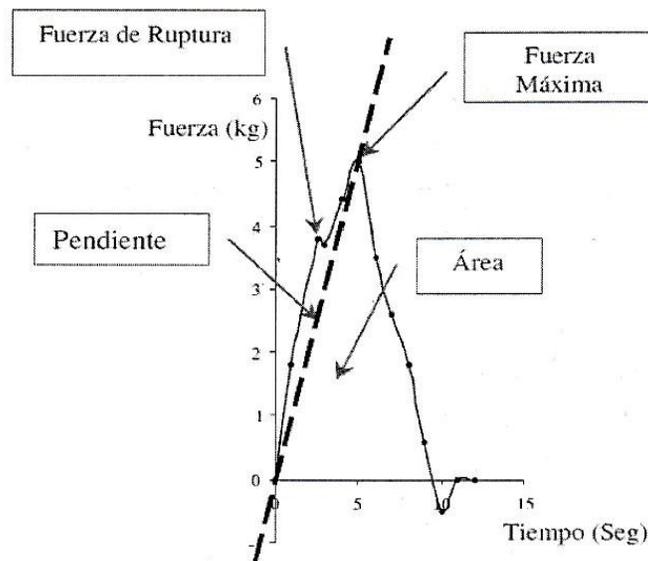


Figura 6: Representación gráfica de los parámetros mecánicos del test de Warner-Bratzler.

FUENTE: Ramírez (2004).

2.6. OXIDACIÓN DE LÍPIDOS

Una de las principales causas de deterioro de los alimentos es la oxidación de lípidos que conduce al desarrollo de diversos sabores y aromas extraños. Por otra parte, las reacciones de oxidación pueden disminuir la calidad nutricional de los alimentos y algunos productos de oxidación son potencialmente tóxicos. Por esta razón, es importante prevenir la aparición de las reacciones oxidativas y sus productos (Hoac *et al.*, 2005).

2.6.1. MECANISMO DE OXIDACIÓN DE LÍPIDOS

El proceso de oxidación lipídica es autocatalítico: los productos de la reacción catalizan las reacciones posteriores de tal manera que una vez que ha empezado la velocidad de

reacción aumenta rápidamente. Las tres etapas en el proceso de oxidación son: iniciación, propagación y terminación (Warriss, 2003), las cuales se pueden distinguir en la Figura 7 y cuyo mecanismo está explicado en la Figura 8.

a. Iniciación

La reacción de iniciación consiste en la formación de un radical libre (R^{\bullet}) o radical lipídico mediante la extracción de un átomo de hidrógeno del ácido graso (RH) o la rotura homolítica del enlace carbono-hidrógeno (Maestre, 2012); esto ocurre en el hidrógeno alílico, es decir del metileno más cercano a la doble ligadura de una molécula lipídica, provocando una reorganización electrónica del ácido graso que dará lugar a la formación del radical lipídico (Ávila, 2011).

b. Propagación

En esta segunda etapa, el radical libre formado puede reaccionar con el oxígeno molecular y formar un radical peróxilo (ROO^{\bullet}). Este radical puede sustraer un átomo de hidrógeno de otro ácido graso insaturado para formar un hidroperóxido (ROOH) y un radical lipídico (Buettner, 1993). La formación de este radical libre hace que el proceso sea autopropagable (Hamilton, 1999). Esta etapa también puede iniciarse en el radical peróxilo formado por fotooxidación o iniciación enzimática. Los radicales alcoxilo procedentes de la descomposición de hidroperóxidos también pueden iniciar la oxidación lipídica (Maestre, 2012).

c. Terminación

Los radicales e hidroperóxidos (productos de la oxidación lipídica primaria) son finalmente descompuestos para generar moléculas estables de bajo peso molecular (productos de la oxidación lipídica secundaria) tal como hidrocarburos, aldehídos, cetonas, alcoholes, ácidos, ésteres, lactonas y una extensa variedad de compuestos que contienen nitrógeno y azufre (Ladikos y Lougovois, 1990; Morrissey *et al.*, 1998). La paralización de la reacción en cadena se da normalmente por la reacción entre sí de los radicales (libres y peróxilos) o

cuando el sustrato oxidable se agota (Avila, 2011). La reacción también puede detenerse mediante la incorporación de un antioxidante, el cual actúa como un atrapante de radicales libres, finalizando la fase de propagación. El electrón no apareado del antioxidante se deslocaliza dentro de la estructura del anillo aromático lo que estabiliza al compuesto formado (Navarro *et al.*, 2004).

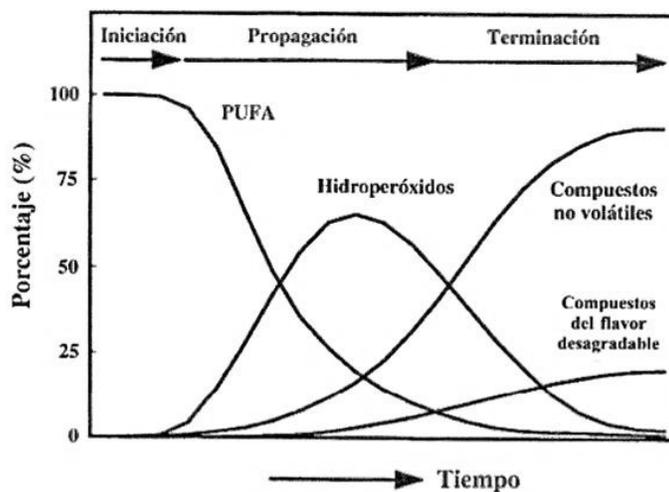


Figura 7: Oxidación lipídica a través del tiempo.

FUENTE: Iturbe (2008).

1. Initiation:
 - (a) $\text{RH} + \text{O}_2 \rightarrow \text{R}\cdot + \cdot\text{OOH}$
2. Propagation:
 - (b) $\text{R}\cdot + \text{O}_2 \rightarrow \text{ROO}\cdot$
 - (c) $\text{RH} + \text{ROO}\cdot \rightarrow \text{ROOH} + \text{R}\cdot$
 - (d) $\text{ROOH} \rightarrow \text{RO}\cdot + \cdot\text{OH}$
3. Termination:
 - (e) $\text{R}\cdot + \text{R}\cdot \rightarrow \text{R}-\text{R}$
 - (f) $\text{R}\cdot + \text{ROO}\cdot \rightarrow \text{ROOR}$
 - (g) $\text{ROO}\cdot + \text{ROO}\cdot \rightarrow \text{ROOR} + \text{O}_2$

Figura 8: Mecanismo de oxidación de lípidos.

FUENTE: Fernández *et al.* (1997).

2.6.2. OXIDACIÓN DE LÍPIDOS EN LA CARNE

Una vez sacrificado el animal se inactivan los sistemas biológicos de protección frente a la oxidación *in vivo*, e inevitablemente se produce una reacción de mayor o menor intensidad según el tipo de tratamiento a que se someta la carne (refrigeración, cocinado, curado, etc.), pero en cualquier caso de bastante consideración. Si se consigue retrasar la proliferación microbiana de la carne por cualquier procedimiento tecnológico, la oxidación se convierte en la principal causa de deterioro de la carne (López *et al.*, 1999).

Generalmente se cree que la autooxidación, es decir, la reacción con el oxígeno molecular vía un mecanismo autocatalítico, es la principal de las reacciones implicadas en el deterioro oxidativo de los lípidos (Fennema, 2010). Pero es el contenido de grasa intramuscular y la composición de los ácidos grasos los que juegan un papel importante en la calidad de la carne de cerdo (Fernández *et al.*, 1999; Wood *et al.*, 2003; citados por Martínez *et al.*, 2012), ya que están directamente relacionados con problemas de oxidación (Warriss, 2003). Esta grasa intramuscular es susceptible al deterioro oxidativo debido al recambio natural de la oxidación de lípidos y a los fosfolípidos de la membrana que son elevados en ácidos grasos insaturados (Yilmaz *et al.*, 1997 citado por Martínez *et al.*, 2012). Los fosfolípidos, integrantes de la membrana son particularmente susceptibles a la peroxidación por su alto contenido en ácidos grasos poliinsaturados (Halliweel, 1997 citado por Martínez *et al.*, 2012). Esos ácidos grasos poliinsaturados (AGPI), pueden reaccionar con el oxígeno para formar hidroperóxidos de ácidos grasos (Warriss, 2003), o por la interacción con iniciadores de la oxidación lipídica con metales de transición tales como Fe^+ y Cu^+ (Castillo, 2005). Esas reacciones los vuelven inestables, y se escinden en varios compuestos entre los que están aldehídos, cetonas y compuestos carboxílicos, que pueden provocar olores y sabores desagradables (Warriss, 2003). Por lo tanto la susceptibilidad de oxidación de la grasa dependerá de la cantidad de AGPI presentes en la carne (Castillo, 2005). Es decir, el pescado es más tendente a oxidarse que la carne de pollo, que por otra parte es más susceptible que las carnes rojas. De estas últimas, la carne de cerdo es la más susceptible, seguida de la de ternera y la de cordero (Warriss, 2003).

Por otra parte, aunque todos los ácidos grasos insaturados son susceptibles a la oxidación, el problema es más grave cuando mayor es el número de dobles enlaces, dado que es en los

dobles enlaces donde se inicia la rotura de la molécula. Así, tanto el ácido linoleico como el linolénico tienen la misma longitud de la cadena (18 átomos de carbono), pero el ácido linolénico tiene tres dobles enlaces, mientras que el ácido linoleico tiene dos; por lo tanto su velocidad de oxidación será en consecuencia mucho mayor (Warriss, 2003).

Además de lo mencionado, la oxidación lipídica de la carne depende de otros factores: entre ellos de la especie y dentro de la misma especie (por ejemplo, en la carne de porcino es siempre más rápida que en la de ovino, debido a que la grasa de cerdo contiene un mayor número de ácidos grasos insaturados que la de ovino); otro factor es el músculo, la grasa de los músculos rojos es más propensa a oxidarse que la de los blancos, probablemente debido a su mayor contenido de hierro. Por ello, cabe esperar un comportamiento diferente de la oxidación lipídica dependiendo del músculo de que se trate, por ejemplo, se producirá a más velocidad en aquellos músculos con un contenido mayor de mioglobina (López y Casp, 2004). La oxidación lipídica es también promovida por aquellos procesos que dañan la estructura muscular, como el picado. Como consecuencia de éste, se provoca una exposición de los ácidos grasos al oxígeno y a los catalizadores como el hierro o el grupo hemo (Warriss, 2003). Otros factores que afectan a la propensión que tiene la grasa a sufrir procesos oxidativos en la carne son la concentración de pigmentos hemínicos, la temperatura de almacenamiento, y la disponibilidad de oxígeno. Los músculos más rojos, que contienen concentraciones más altas de pigmentos hemínicos, son más susceptibles a la oxidación. El almacenamiento a altas temperaturas aumenta la velocidad de oxidación, mientras que la refrigeración la retarda. Disminuyendo la disponibilidad de oxígeno mediante el envasado de la carne, por ejemplo, en atmósfera de nitrógeno o a vacío, también se produce una cierta inhibición de la oxidación. Así pues, en la medida de lo posible se debe mantener la carne en piezas de gran tamaño en las que la relación entre el área superficial y el volumen es menor (Warriss, 2003).

2.6.3. MEDIDA DE LA OXIDACIÓN LIPÍDICA

Se han descrito numerosos procedimientos analíticos para la medición de oxidación lipídica en carnes y productos cárnicos. Existen métodos químicos tales como: peróxido de valor, prueba Kreis, compuestos carbonílicos totales y volátiles, prueba de TBA (ácido

tiobarbitúrico); y métodos físicos tales como: polarografía, espectroscopia infrarroja, refractometría, fluorescencia y conjugados método dieno (Fernández *et al.*, 1997).

a. Test del ácido tiobarbitúrico

La técnica más útil para seguir la oxidación lipídica en la carne, más que en la grasa pura, es medir la producción de aldehídos y cetonas. Esta determinación se lleva a cabo calentando la carne en presencia de ácido tiobarbitúrico (TBA) formándose un producto de color rosado. Este color se mide tras la extracción con un solvente orgánico. Para mejorar la especificidad del método el calentamiento se combina normalmente con destilación a vapor. De esta manera se separan los aldehídos y cetonas, permitiéndose así que reaccionen con el TBA. Dado que el principal productor de oxidación es el malonaldehído (MDA), el grado de oxidación se expresa normalmente en partes por millón (ppm) de malonaldehído. Esta cifra es con frecuencia denominada índice del TBA. Valores por encima de 0.5 indican cierto grado de oxidación, y cuando están por encima de 1 se trata posiblemente de niveles inaceptables (Warriss, 2003).

Este método se basa en la reacción de MDA con TBA en el grupo metileno activo para obtener un pigmento rojo, que resulta de la condensación de dos moléculas de TBA con una molécula de MDA y la probable eliminación de dos moléculas de agua (Figura 9). La intensidad de color es una medida de la concentración de MDA y se ha correlacionado organolépticamente con la rancidez. Esta prueba TBA ha sido ampliamente utilizado como una medida de la rancidez oxidativa en alimentos ricos en grasas, particularmente en productos cárnicos (Sinnhuber *et al.*, 1958; citados por Fernández *et al.*, 1997).

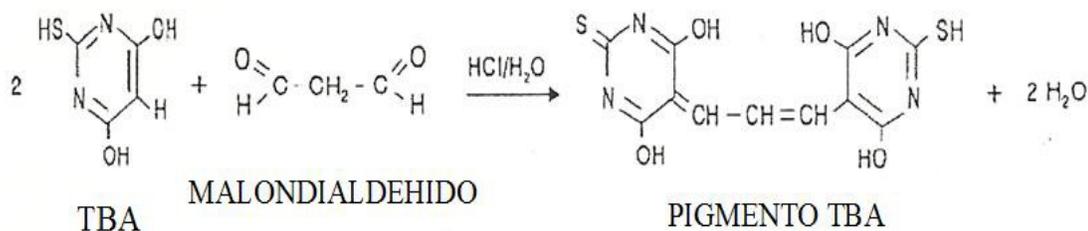


Figura 9: Reacción entre el TBA y el MDA.

FUENTE: Fernández *et al.* (1997).

2.7. ANTIOXIDANTES

Los antioxidantes son aquellas sustancias que previenen la oxidación, daño provocado por la reacción al oxígeno, pueden formar parte de enzimas que directa o indirectamente protegen a las células contra los efectos adversos de diversas drogas o sustancias carcinogénicas. Poseen una gran capacidad para disminuir la carga de radicales libres (RL) en el organismo, responsables de dañar a las moléculas en diferentes fases y que forman parte del desempeño en la prevención de numerosas patologías como problemas cardiovasculares, tumorales, enfermedades degenerativas e incluso en el proceso de envejecimiento (Bendich, 1990; citado por Bautista, 2010).

En las células se presentan mecanismos de protección a distintos niveles, de modo que los radicales libres derivados de la activación de oxígeno pueden ser transformados a productos menos tóxicos o no tóxicos. Esta protección comprende no sólo la captura de estos intermediarios agresivos, sino también la prevención de su formación, la inhibición de su propagación y la reparación de las lesiones (González-Torres *et al.*, 2000 y Sies, 1997; citados por Alberro, 2013).

Una ***primera línea de defensa*** contra las especies reactivas del oxígeno es la prevención, o sea la protección contra su formación. Hay numerosas estrategias. Algunas de las enzimas que son propensas a generar radicales libres están diseñadas ingeniosamente de modo que mantienen los radicales formados dentro de cierto espacio no permitiendo su diseminación a los alrededores (ej. Ribonucleósido reductasa). También la prevención de la iniciación de la reacción en cadena incluye la unión a iones metálicos, en particular hierro y cobre. La quelación metálica es una de las maneras principales para controlar la lipo peroxidación y la fragmentación del ADN. Así mismo las proteínas de unión a metales como la ferritina, transferrina, ceruloplasmina y otras, son de gran importancia en el control de las reacciones que generan radicales libres (Alberro, 2013).

En un ***segundo nivel de protección*** está la acción de los antioxidantes, que eliminan los radicales para suprimir la actividad nociva en la célula. Estos pueden dividirse en dos categorías: no enzimáticos y enzimáticos (Alberro, 2013):

- **Enzimáticos:** De producción endógena. Las enzimas son proteínas con capacidad antioxidante las cuales no se consumen al reaccionar con radicales libres. Son dependientes de ciertos cofactores, generalmente metales tales como cobre, fierro, magnesio, zinc o selenio. Las enzimas antioxidantes de mayor importancia son la catalasa, la superóxidodismutasa y la glutatión peroxidasa. Representan la primera barrera frente a la producción de radicales libres (Escalona, 2002; citado por Marchera, 2006). La glutatión peroxidasa, GSHPx, cataliza la reducción de los peróxidos de hidrógeno y muchos hidroperóxidos. Hay por lo menos cuatro glutatión peroxidases conocidas, que contienen selenocisteína en el sitio activo, esta enzima es una de las más importantes protectoras contra la oxidación de las membranas biológicas (Arthur, 2000; Thomas *et al.*, 1990, citados por Hoac *et al.*, 2005).
- **No enzimáticos:** elementos principalmente exógenos, responsables de la capacidad antioxidante de los fluidos biológicos. Estos compuestos a diferencia de las enzimas se consumen durante su acción antioxidante, por lo que deben ser reemplazados. Proviene principalmente de la dieta a través de los aportes de vitamina E, vitamina C, betacarotenos, polifenoles, flavonoides, oligoelementos y metales de transición como Se, Cu, Zn, entre otros (Escalona, 2002; citado por Marchera, 2006).

Como los procesos de prevención e intercepción no son completamente efectivos, los productos del daño oxidativo son continuamente producidos a bajas tasas y por consiguiente se pueden acumular. Esto causa daños al ADN, a las membranas, a proteínas y otros compuestos. Por lo tanto hay múltiples sistemas enzimáticos involucrados en reparación del ADN y enzimas lipolíticas y proteolíticas capaces de cumplir las funciones de reparación o re abastecimiento. En esto consiste el **tercer nivel de protección** de la célula frente a ataques de especies reactivas (Alberro, 2013). Según Surai (2006) aquí se incluyen a las lipasas, peptidasas, proteasas, transferasas, etc.

2.7.1. ANTIOXIDANTES EN ALIMENTOS

Existen variados antioxidantes, los cuales pueden ser clasificados en sintéticos (fenólicos), naturales y con base de vitaminas. Los antioxidantes sintéticos incluyen el hidroxianisol butilado (BHA, por sus siglas en inglés), hidroxitolueno butilado (BHT), butilhidroxiquinona terciaria (TBHQ) y propil galato. Aunque son antioxidantes cuando se

usan singularmente, con frecuencia son usados en combinación para lograr un efecto antioxidante mayor. Los antioxidantes sintéticos pueden ser potentes antioxidantes que promueven la prevención de la formación de metamioglobina o coloración café de la carne (Pohlman, 2012). Sin embargo, están en desuso debido a estudios que le atribuyen efectos carcinogénicos (Velioglu *et al.*, 1998, citados por Sánchez, 2010), como el BHA (Sherwin, 1990; citado por Huang *et al.*, 2011) y BHT (Chen, Pearson & gris, 1992; El sol & Fukuhara, 1997; citados por Huang *et al.*, 2011). Es por eso que la preocupación del consumidor ha llevado a una disminución de su uso en la industria alimentaria (Pohlman, 2012). Estos compuestos fenólicos o polifenoles pueden actuar como agentes reductores, eliminando radicales libres o como agentes quelantes de metales (Armenteros *et al.*, 2012).

Actualmente existe gran popularidad de los antioxidantes naturales, los cuales con frecuencia son extraídos de varias plantas, hierbas o especias. Algunos antioxidantes naturales, que han recibido la atención y el uso por la industria cárnica, incluyen: romero, tomillo, orégano, canela y ciertos tipos de ajos y pimientas. La mayoría están disponibles como oleorresinas, lo que permite la facilidad de su uso y de su distribución dentro de un sistema cárnico (Pohlman, 2012). Sin embargo, los productos naturales son a menudo más costosos y menos eficaces que los antioxidantes sintéticos (Huang *et al.*, 2011). Además, dependiendo de la fuente, pueden afectar los sabores de los productos cárnicos (Pohlman, 2012). Un tercer tipo de sistema antioxidante es el basado en vitaminas (Figura 10). Ya que éstas juegan un papel en la prevención de la oxidación de lípidos en la carne. Sin embargo, mientras que la oxidación de la vitamina puede proteger los ácidos grasos de la oxidación, el valor nutricional de la carne puede ser perjudicado por una reducción general en la disponibilidad de las vitaminas A, D, E y C (Madhavi, Deshpande & Salunkhe, 1996; citados por Huang *et al.*, 2011).

Los antioxidantes comunes con base en vitaminas o derivados de vitaminas incluyen: ácido ascórbico, ascorbil palmitato y ácido cítrico. Todas estas formas de vitamina C. Estos son los más efectivos al promover un ambiente reductor, el cual ayuda a acelerar las reacciones de color en el producto de carne curada. En la carne fresca, el ambiente reductor que brindan estos antioxidantes ayuda a balancear la mioglobina hacia el mantenimiento de la oximioglobina y a alejarla de formar metamioglobina (Pohlman, 2012). La vitamina E (α -tocoferol) es el antioxidante biológico liposoluble más importante. Se acumula en la capa

doble de fosfolípidos de las membranas celulares y subcelulares (por ejemplo, mitocondria y ondoplasmática reticular) (Muñoz *et al.*, 1998), tal y como aparece en la Figura 10.

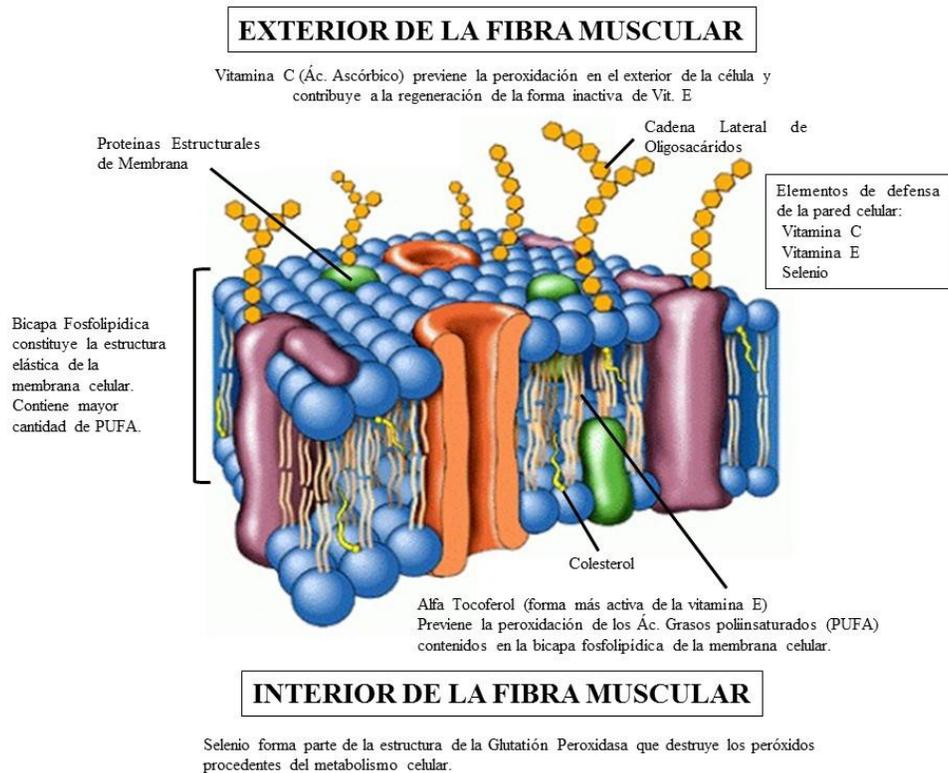


Figura 10: Estructura molecular de la membrana plasmática de una fibra muscular.

FUENTE: Adaptado de Muñoz *et al.* (1998).

Para lograr una actividad antioxidante se necesitan altos niveles y la migración del antioxidante en la mioglobina, lo que algunas veces puede ser un problema. Una aplicación para alcanzar un mejor desempeño al mejorar la distribución es suplementarla en la dieta de los animales durante un largo período, lo que mejora la distribución de los depósitos de vitamina E en el músculo (Pohlman, 2012), además es soluble en los lípidos y por ello se acumula en las grasas, y particularmente en las membranas celulares, donde es más efectiva (Warriss, 2003). Eso lleva a un mejor desempeño antioxidante a través de una mejor distribución y una mejor estabilidad del color en la carne fresca (Pohlman, 2012).

2.7.2. MÉTODO PARA EVALUAR LA CAPACIDAD ANTIOXIDANTE

La captación de radicales es el principal mecanismo de acción de los antioxidantes en los alimentos (Pokorny *et al.*, 2005). Los métodos empleados para medir la actividad antioxidante dependen de la especificidad del radical libre usado como reactivo y están limitados a compuestos solubles en un solvente elegido. Los compuestos antioxidantes pueden tener distinta solubilidad dependiendo del solvente; por esta razón presentan distinta reactividad con los radicales libres reaccionando en diferente porcentaje y con cinética distinta. Dado este hecho, la eficiencia en la extracción de la especie donadora del hidrógeno es un factor importante en la evaluación de la actividad antioxidante (Ibarra, 2010).

Uno de los métodos más comunes se basa en las propiedades cromáticas del radical 2,2-difenil-1-picrilhidrazilo conocido como DPPH; esta molécula es un radical libre químicamente estable que no forma dímeros como sucede con otros radicales libres. Una solución de DPPH[•] es color morado; cuando se mezcla con una sustancia que puede donar uno o varios átomos de hidrógeno, la concentración del radical DPPH[•] disminuye mientras aparece la forma reducida DPPH-H provocando un cambio en el color de morado a amarillo y la absorbancia de la solución decrece, tal como se aprecia en la Figura 11 (Ibarra, 2010).

Esto concuerda con lo dicho por Pokorny *et al.* (2005), quien nos dice que en el método del DPPH se mide la captación de este radical a través de la disminución de la absorbancia medida a 515nm, que se produce por reducción de un antioxidante (AH) o por reacción con especies radicales (R[•]), tal como se muestra a continuación:



Este método no es específico a ningún tipo de antioxidante en particular, por lo tanto aplica para evaluar una capacidad antioxidante total del medio en el cual se analiza. Es importante mencionar que los resultados obtenidos presentan tendencias similares al

reportado usando otros métodos (Ibarra, 2010). Según Fasseas (2007) el ensayo de DPPH en particular, parece dar una buena medida de la actividad antioxidante de la carne ya que son detectadas en sustancias solubles en agua y sustancias no solubles.

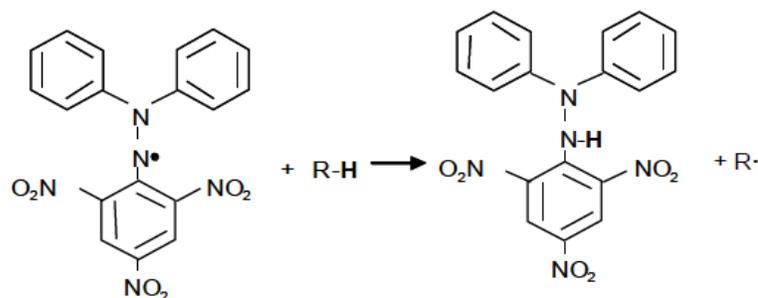


Figura 11: Abstracción de un átomo de hidrógeno por el radical DPPH.

FUENTE: Ibarra (2010).

2.8. SELENIO

El selenio (Se) es un elemento traza esencial en los humanos y animales debido a que se encuentra envuelto en diversas funciones fisiológicas y es parte de diversas proteínas como glutatión peroxidasa y reductasa, las cuales cumplen un rol importante en la regulación de peróxido de hidrógeno e hidroperóxidos lipídicos (Zhang *et al.*, 2010). También es necesario para el uso de yodo en la producción de la hormona de tiroides, para el funcionamiento del sistema inmunológico y para la función reproductora (BNF, 2009).

2.8.1. FUNCIONES DEL SELENIO

El selenio está presente en alimentos, principalmente como el aminoácido selenometionina y selenocisteína. El selenio, en forma de selenocisteína, se incorpora en una gama de enzimas (selenoproteína) en el cuerpo, que son cruciales para la salud humana. El más conocido de ellos es la glutatión peroxidasa, que juega un papel importante en la protección de las membranas celulares de los daños causados por los radicales libres (BNF, 2001).

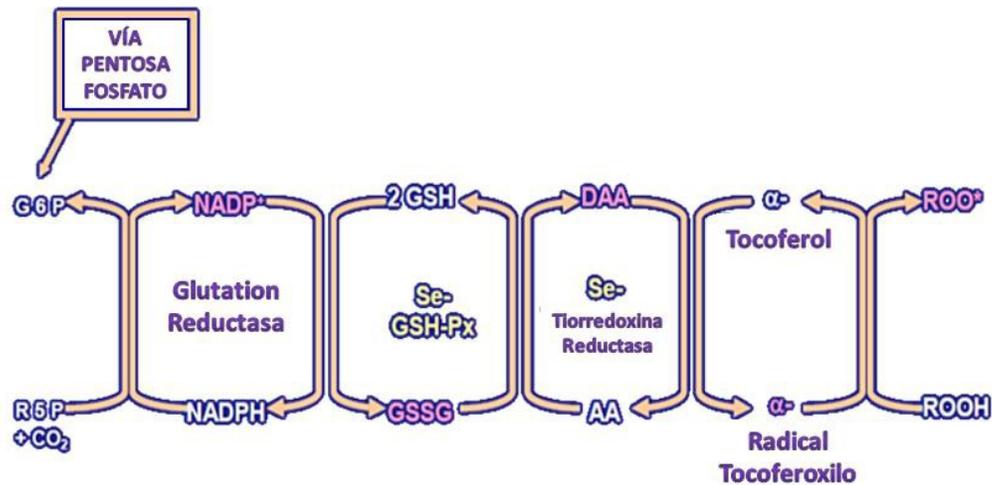
La glutatión peroxidasa (GSH-Px) es una metaloenzima que forma parte del sistema glutatión señalado como el principal sistema antioxidante en el organismo, ya que interviene en la protección del eritrocito como la exposición de radicales libres (Yu, 1994; citado por Bautista, 2010). Ésta enzima utiliza como cofactor al selenio. Cataliza la reacción a través de la cual el glutatión reducido (GSH) reacciona con peróxidos para transformarlos en agua y alcohol. Durante el proceso el glutatión es oxidado (GSSG) para posteriormente ser retornado a su estado original por la enzima glutatión reductasa (Alberro, 2013). La reacción general para las GSH-Px descrita por Rotruck *et al.* (1973), citado por Alberro (2013), es la siguiente:



En este esquema ROOH es cualquier hidro o lipo peróxido, GSH es la glutatión reducido, ROH es el peróxido reducido y GSSG es la glutatión en su forma oxidada. El glutatión reducido es formado desde su forma oxidada vía la reacción de la enzima glutatión reductasa. Este proceso de reducción requiere de NAPH que es provisto por la vía de las pentosas fosfato (Rotruck *et al.*, 1973; citado por Alberro, 2013).

La principal forma de la glutatión peroxidasa es el selenio-dependiente (selenoproteínas). La importancia del selenio en la nutrición animal yace en el hecho de que tanto el primer como el segundo nivel de defensa antioxidante descansan en la actividad de la glutatión peroxidasa Se-dependiente, lo que depende de un estado adecuado de selenio en la célula (Alberro, 2013). Específicamente, la enzima glutatión peroxidasa Se-dependiente recicla glutatión, reduce la peroxidación lipídica por catalizar la reducción de peróxidos, incluyendo peróxido de hidrógeno (Figura 12).

En general todas estas enzimas en su estado reducido catalizan la descomposición de hidroperóxidos de lípidos y peróxidos de hidrógeno en las células humanas (Navarro-Alarcón y López-Martínez, 2000; Van Cauwenbergh *et al.*, 2004; Hartikainen, 2005; Navarro-Alarcon *et al.*, 2005; citados por Navarro y Cabrera, 2008). Según Halliwell y Gutteridge (1999) la lipoperoxidación es acelerada cuando existe deficiencia de selenio.



Reducción de la vitamina E requiere descarboxilación oxidativa de 6-fosfogluconato a ribulosa-5-fosfato en la vía del fosfato de pentosa, dos enzimas antioxidantes selenoproteína (glutathion peroxidasa (GSH-Px) y la tiorredoxina reductasa, (TrxR)), y vitamina C. TrxR reduce al ácido dehidroascórbico (DAA) para reducir el ácido ascórbico, que recicla oxidado α -tocoferoxilo de nuevo a la reducción de α -tocoferol (vitamina E). Sin reducción facilitado- TrxR de ácido dehidroascórbico oxidada a ácido ascórbico reducido, el reciclado de la vitamina E sería mínimo.

Figura 12: Reciclado de la Vitamina E.

FUENTE: Adaptado de Edens y Gowdy (2005) citados por Pierce (2010).

Hay diferentes formas en las cuales el sistema antioxidante puede ser alterado o regulado. La regulación más importante es la respuesta animal en las condiciones de estrés sintetizando enzimas antioxidantes (por ejemplo, la superóxido dismutasa (SOD) y la glutathion peroxidasa (GSH-Px)). Sin embargo, esta respuesta solo será efectiva si están disponibles los cofactores necesarios para la acción enzimática. Por lo tanto el aporte nutricional de selenio es un factor crucial en la regulación de la actividad de la glutathion peroxidasa y la eficiencia del sistema antioxidante (Surai, 1999; citado por Alberro, 2013). Mientras que la glutathion peroxidasa reduce los peróxidos, la vitamina E reacciona directamente con radicales libres superóxido (O_2^-), peroxi (ROO^-), oxígeno singulete (1O_2) e hidroxilo (OH^-), siendo el antioxidante liposoluble principal que protege a las membranas celulares contra la miopatía asociada con dietas ricas en ácidos grasos poliinsaturados (NRC, 1983; citado por Hernández, 2007). La calidad de la carne es influenciada por antioxidantes como la vitamina E y enzimas dependientes al selenio, incluyendo la glutathion peroxidasa (GSH-Px). Los productores de carne dependían previamente de la

vitamina E para reducir los problemas de oxidación, pero ahora se sabe que la utilización eficiente de la vitamina E en el cuerpo depende de las enzimas dependientes del selenio y de una adecuada cantidad de selenio ingerido para asegurar un mejor uso de esta vitamina costosa (Peric *et al.*, 2009). Por otro lado, el selenio y la vitamina C (ascorbato) son micronutrientes esenciales. Cada uno tiene un número de funciones bioquímicas, y ambos son clasificados como nutrientes antioxidantes porque sus propiedades redox son usadas para proteger el organismo contra el daño oxidativo. El selenio es componente de un número de enzimas contra la defensa oxidativa a parte de la glutatión peroxidasa, podemos encontrar por ejemplo a la enzima tioredoxin oxidasa y metionina sulfóxido reductasa. El ascorbato dona electrones a los radicales libres incluyendo el radical tocoferoxil, para terminar con la reacción en cadena. El radical resultante ascorbil es reciclado enzimáticamente a ascorbato, en parte por la selenoenzima tioredoxin reductasa. Por lo tanto, hay una potencial interacción entre selenio y ascorbato directamente e incluye también una interacción con la vitamina E (Hill *et al.*, 2009). Una de las propiedades del ascorbato es que puede regenerar α -tocoferol a partir del radical α -tocoferil en membranas y lipoproteínas (Surai, 2006). Según Surai (2006) la protección antioxidante en las células no solo depende en la concentración de vitaminas, sino también de la eficiencia del reciclado. Si el reciclado es efectivo, entonces las concentraciones bajas de vitamina son capaces de mantener una protección antioxidante alta en las condiciones fisiológicas. Por lo tanto el reciclado es el elemento más importante para entender los mecanismos que involucran la protección antioxidante contra el estrés oxidativo. Como resultado de la acción antioxidante de la vitamina E, se forma el radical tocoferoxil. Este radical puede ser reducido a una forma activa de α -tocoferol al unirse con la oxidación del ácido ascórbico. El ácido ascórbico puede ser regenerado de la forma oxidada por reciclaje con ayuda de la enzima glutatión el cual puede recibir una forma potencialmente reducida de NADPH, sintetizado en el ciclo de pentosa fosfato del metabolismo de los carbohidratos.

2.8.2. FUENTES DE SELENIO

Como se mencionó anteriormente, el selenio juega un papel muy importante en la acción antioxidante, sin embargo la absorción, metabolismo y utilización depende de la forma química de este (Bügel *et al.*, 2004). Las fuentes de selenio que se adicionan a la dieta del animal se pueden encontrar en dos formas, selenio inorgánico y selenio orgánico. En años

recientes, estas fuentes de selenio son frecuentemente utilizadas en la nutrición animal para mejorar la calidad de la carne (Martínez *et al.*, 2012).

El selenio inorgánico, principalmente en la forma de selenito de sodio (Na_2SeO_3), se transformó en la fuente de este mineral más usada para suplementar las dietas de animales. Esta forma inorgánica fue aprobada por la FDA (Bobcek *et al.*, 2004). Sin embargo, entre otras formas inorgánicas, el selenato que es menos usado ha sido considerado preferible por algunos ya que el selenito se reduce más rápido a selenio menos disponible pudiendo formar compuestos insolubles con otros metales (McDowell, 1997; Wolfram, 1999, citado por Segovia, 2005). Es así que las limitaciones del uso del selenio inorgánico (selenito, selenato, selenuro y forma metálica) son bien conocidas: Su toxicidad, ya que actúa como pro-oxidante cuando se adiciona en altos niveles en la dieta (Seko, *et al.*, 1989 citado por Martínez *et al.*, 2012), interacciones con otros minerales, tienen baja eficiencia de transferencia de la leche y carne y el mantenimiento de las reservas del organismo, y como consecuencia una elevada proporción del elemento es excretada (Surai, 2006).

El selenio orgánico por su parte, tiene como forma química a la selenometionina (SeMet) (Segovia, 2005). Este tipo de selenio es un nutriente esencial en la acción antioxidante de las células y tejidos a través de la acción de la selenio proteína peroxidasa, en conjunto con la Vitamina E (Bobcek *et al.*, 2004). Asimismo, no presenta toxicidad (Seko *et al.*, 1989 citado por Martínez *et al.*, 2012). El selenio orgánico es un compuesto que puede ser definido como un producto nutracéutico, aislado o purificado de la levadura *Saccharomyces cerevisiae*, el cual ha demostrado ejercer un beneficio fisiológico en los animales y en humanos en prevención contra enfermedades crónicas. Adicionalmente, tiene potencial para aumentar los niveles de selenio en la carne lo que ofrece una oportunidad única en el mercado para alimentos destinados al consumo humano, ya que la deficiencia fue identificada como un problema nutricional clave en las personas, contribuyendo a casos de cáncer e infertilidad, así como otros síntomas. Segovia (2005) también nos dice que el selenio orgánico es una mejor fuente de suplementación de selenio para todas las especies debido a su mayor biodisponibilidad. Wolfram (1999), citado por Segovia (2005), en su revisión menciona que la biodisponibilidad para el selenio inorgánico (selenito) es de 91 a 93 por ciento y del 95 a 97 por ciento para la forma orgánica de selenio (selenometionina). La absorción del selenio ocurre en el intestino

delgado, y mientras el SeMet es absorbido mediante el sistema transportador de metionina, la absorción del selenio inorgánico como el selenito de sodio, es menos eficiente y ocurre principalmente por difusión pasiva (Weiss, 2003). Después de la absorción, SeMet puede ser incorporado de forma no específica en las proteínas generales del cuerpo en lugar de la metionina y puede actuar como una piscina biológica (*pool* intracelular) de selenio, la cual puede ser utilizada durante periodos de ingesta subóptima de selenio (Suzuki y Ogra, 2002). Por el contrario las fuentes inorgánicas que son absorbidos por el intestino delgado se utilizan ya sea metilado y posteriormente excretados (Juniper *et al.*, 2009), tal como se aprecia en la Figura 13, en donde los metabolitos de selenio en la dieta (a) son incorporados a la célula donde, junto con el pool intracelular (b), son metabolizados por diferentes rutas que convergen en el seleniuro (b). El seleniuro sirve como fuente de selenio para la biosíntesis de selenocisteína. La excreción del exceso de Se en el organismo se realiza por medio de compuestos metilados de selenio y selenozúcares (Papp *et al.*, 2007; citado por Cañari, 2011).

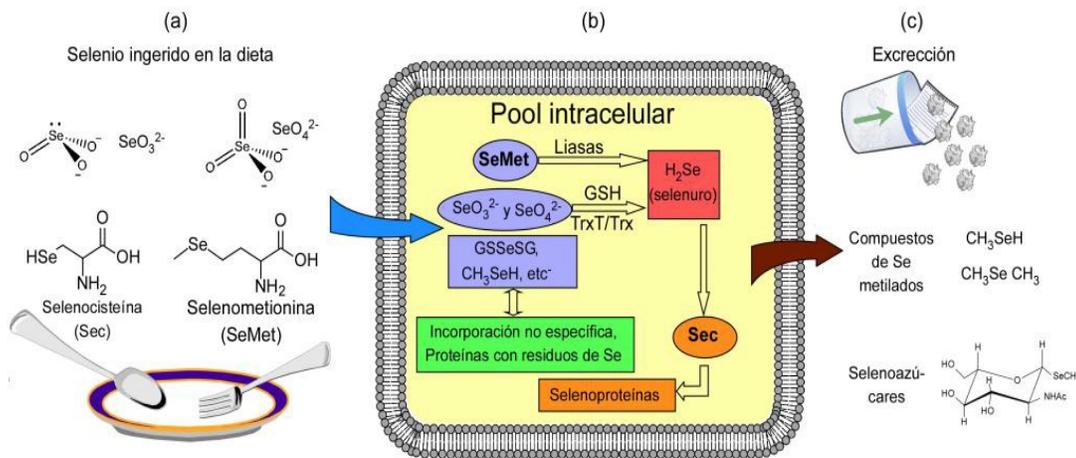


Figura 13: Metabolismo de selenio en mamíferos.

FUENTE: Papp *et al.* (2007) citado por Cañari (2011).

Los trabajos realizados en rumiantes, cerdos y humanos (Draft Toxicological Profile for Selenium, 2003; citado por Hernández, 2007) mencionan que el selenio orgánico en forma de selenometionina se absorbe de manera más eficiente que el selenito de sodio, a nivel de intestino delgado. La selenometionina se absorbe debido a un gradiente de concentración,

siendo diferente para selenitos y selenocisteína. Sin embargo las formas orgánicas, independientemente de su diferencia de absorción, tienen mayor rapidez y mejores tasas de absorción que las formas de selenio inorgánico (Dietrich y Kyriakopoulos, 2001). Surai (2006) también menciona que el selenito de sodio se absorbe más lentamente, posiblemente por simple difusión a través de la mucosa intestinal, que los compuestos selenio aminoácidos enlazados. Estudios realizados por Mahan *et al.* (1999), Mateo *et al.* (2007) y Zhan *et al.* (2006); citados por Giraldo *et al.* (2010), han demostrado que existen diferencias al utilizar selenio inorgánico u orgánico en lo que respecta a calidad de carne, pérdidas por goteo y acumulación del mineral en los tejidos. Una dieta con suplementación de selenio orgánico incrementa grandemente la retención de selenio en el músculo de cerdo, incrementa la calidad de la carne (menor ocurrencia de carne PSE, reduce la pérdida por goteo) comparado con una dieta con selenio inorgánico (Mrázová *et al.*, 2008). Bobcek *et al.* (2004) mencionan que existe una diferencia significativa en el contenido de selenio en el músculo entre el control (sin suplementación), comparado con una suplementación de selenio de 0.18 mg o 0.3 mg; desmostrándose que al aumentar la suplementación de selenio orgánico en la alimentación de los cerdos, mejor será la retención de este en el músculo.

2.8.3. IMPORTANCIA DEL SELENIO EN LA DIETA ANIMAL

El selenio se encuentra en forma natural en los ingredientes de las plantas que sirven de alimento, pero las concentraciones varían mucho dependiendo tanto de las especies vegetales y, en particular de la situación del selenio en el suelo (Deniz *et al.*, 2005). Jackes (2000), citado por Peric *et al.* (2009), menciona que los niveles de selenio en los suelos están globalmente decreciendo por la intensidad de los cultivos agrícolas. Por lo tanto, las dietas de los animales requieren suplementos de selenio con el fin de proporcionar un margen de seguridad contra la deficiencia y para mantener el rendimiento productivo (Deniz *et al.*, 2005). Según Surai (2006) y Hosseini *et al.* (2010) los ingredientes de las dietas (forrajes, granos, harinas de semillas oleaginosas, etc.), sólo contienen selenio en forma orgánica, principalmente como selenometionina (SeMet). La SeMet no es sintetizada por animales sino por las plantas (Deniz *et al.*, 2005 y Surai, 2006). El contenido de selenio en los alimentos varía dependiendo del contenido de selenio en el suelo donde la planta creció y del contenido de selenio de los alimentos que los animales

consumieron. En las vísceras de los animales y en los alimentos marinos el contenido de selenio varía de: 0.4 a 1.5 µg/g; en el músculo de la carne varía de 0.1 a 0.4 µg/g; en los cereales y granos hay una presencia menor de 0.1 a 0.3 µg/g y vegetales menores de 0.1 µg/g (WHO, 1987; citado por el Institute of Medicine, 2000).

Años atrás la *Food and Drug Administration* (FDA) prohibía la suplementación de selenio al ganado debido a su posible toxicidad; sin embargo, esta misma, en el periodo de 1974-1980, permitió la administración del mineral (McDowell, 1997 y Wolfram, 1999, citados por Segovia, 2005). En el año 1974, se aprobó en Estados Unidos la suplementación de selenio en dietas a 0.1 ppm en cerdo y pollos en crecimiento. En el año 1982, la FDA aprobó la adición de 0.3 ppm de selenio en las dietas de cerdos hasta 20 kg, porque 0.1 ppm de selenio no siempre prevenía los signos de deficiencia en cerdos destetados. La regulación actual permite hasta 0.3 ppm de selenio en la dieta de todos los cerdos (FDA, 1987; citado por NRC, 1998). Se ha encontrado que niveles superiores de 5 ppm de selenio en la dieta causa toxicidad (Goehring *et al.*, 1984; citados por Kim y Mahan, 2001a). Kim y Mahan (2001b) encontraron que la alimentación entre 7 a 10 ppm de selenio en la dieta por periodos de tiempo, fue tóxica cuando se suministró selenio orgánico e inorgánico. Finley (2006), citado por Navarro y Cabrera (2008) menciona que el trigo y las carnes son las fuentes más importantes de selenio en la dieta humana. Varios estudios muestran que la biodisponibilidad del selenio es alta en carnes debido a que las formas de selenio en los alimentos de origen animal son en su mayoría seleniometionina y seleniocisteína. Varios estudios en animales han demostrado que los suplementos apropiados con este mineral han impedido varias patologías crónicas, tales como, necrosis hepática, páncreas fibrosis o la degeneración de los músculos estriados y cardíaco (Navarro y López, 2000).

Economase[®] es una mezcla patentada de ingredientes como el selenio orgánico, extracto de algas, ácido ascórbico que maximizan el estado antioxidante del animal. Los antioxidantes son necesarios para un óptimo crecimiento, inmunidad y reproducción. Modelos de la expresión genética han demostrado que Economase[®] ayuda a maximizar la síntesis, el reciclaje, y la respuesta del sistema antioxidante del animal, especialmente de la vitamina E, reduce la pérdida por goteo, mejora la calidad del color y prolonga la vida útil (Biotech, 2008).

2.8.4. INFLUENCIA DEL SELENIO ORGÁNICO EN LAS PROPIEDADES TECNOLÓGICAS Y EN LA OXIDACIÓN LIPÍDICA DE LA CARNE

Según Edens (1996) citado por Wang y Xu (2008), la forma orgánica de selenio muestra una mejora en la calidad de la carne. Así Zhan *et al.* (2007), citados por Vignola *et al.* (2009), mencionan que utilizando selenito o selenometionina como fuentes suplementarias de selenio al 0.30 mg Se/kg de materia seca en dietas de cerdos se encontró una tendencia de aumento del valor de pH45 del músculo del lomo en los grupos tratados con estas fuentes de selenio, sin embargo se encontró valores mayores en los animales que recibieron selenometionina, es decir selenio orgánico.

Por otra parte, la pérdida por goteo de lomo se redujo significativamente en el grupo Selenometionina tratados después de 8 y 16 h de exposición en una sala de 25 °C, mientras que la disminución fue mucho menos marcada en el grupo tratado con selenito de sodio (Vignola *et al.*, 2009).

Según James *et al.* (2002), citados por Vignola *et al.* (2009), el color de la carne usualmente está correlacionado con el pH del músculo o al contenido de mioglobina; y la reducción del rojo en los tejidos musculares, y consecuentemente el cambio del ángulo está directamente relacionada con el nivel de oxidación. Zhan *et al.* (2007), citados por Vignola *et al.* (2009), reportaron un incremento mayor del valor de a* en el músculo del lomo del cerdo luego de 45 min, 8 y 16 horas expuesto a 25 °C para cerdo suplementados con selenometionina que para los cerdos suplementados con selenito de sodio.

Pero, el papel más importante del selenio en el metabolismo de los mamíferos es su función sobre el sitio activo de la selenoenzima (Flohe, 1997, citado por Martínez *et al.*, 2012) al impedir o retrasar las reacciones oxidativas. Según reporta Mikulski *et al.* (2009), citado por Alberro (2013), el aumento de la concentración de selenio en tejido disminuye el estrés oxidativo, incluyendo la protección de los ácidos grasos insaturados contra el daño peroxidativo. Por lo tanto, el selenio dietario mejoraría la calidad y estabilidad oxidativa de la carne.

2.9. CONSERVACIÓN POR CONGELACIÓN

2.9.1. LA CONGELACIÓN

Según Ranken (2003), la congelación es el enfriamiento de un producto a temperaturas muy bajas, de forma que su agua de constitución se transforme en hielo, y el producto tenga una apariencia totalmente sólida. Normalmente la congelación se hace a temperaturas de -18 °C hasta incluso -35 °C. En el curso de este proceso, las diferentes partes del producto pasan por distintas fases en tiempos diferentes; en un momento dado, su suceden tres etapas térmicas (Solís, 2000):

- Pre-congelación: lapso de tiempo entre el momento en que el producto, a su temperatura original, es sometido a un proceso de congelación y el instante en que comienza la cristalización del agua (temperatura crioscópica).
- Congelación: periodo durante el cual la temperatura es casi constante en un punto dado; el calor extraído se emplea en transformar la mayor parte del agua en hielo.
- Reducción a la temperatura de almacenamiento: periodo durante el cual la temperatura se reduce, desde la temperatura a la que la mayor parte del agua congelable se ha transformado en hielo, a la temperatura final deseada.

A una baja temperatura de almacenamiento en congelación, menor es la velocidad a la que se producen los cambios bioquímicos y microbiológicos. Los principales cambios que se producen en los alimentos congelados durante el almacenamiento son los siguientes (Solís, 2000): degradación de pigmentos, pérdidas vitamínicas, actividad enzimática residual, oxidación de lípidos y cambios físicos.

a. Congelación en carnes

La congelación es uno de los métodos más importantes para la preservación carne y productos cárnicos comparados con otros métodos, ya que conduce a una pérdida mínima de calidad durante el almacenamiento a largo plazo (Soyer *et al.*, 2010). Por lo tanto, la carne congelada es en teoría indefinidamente conservable, cuando menos por lo que se

refiere a su protección de la descomposición microbiana (Ranken, 2003). Ya que se detiene la actividad de los microorganismos y de las enzimas (proteínas activas), lo que retrasa la alteración durante largos periodos de tiempo. Además, se inhiben los microorganismos patógenos en su crecimiento, lo que permite mantener los alimentos en condiciones de seguridad (Chavarrías, 2013).

El almacenamiento por congelación se utiliza para retardar las reacciones bioquímicas indeseables en la carne, pero hay algo de rotura de las células y la destrucción de fibra muscular debido a la formación de cristales de hielo (Sebranek, 1982; citado por Soyer *et al.*, 2010). El tamaño de los cristales de hielo y la distribución en los espacios intra o extracelular de la carne congelada varían con la velocidad de congelación, mientras que la cantidad de hielo que se forma depende de la temperatura alcanzada durante la congelación. Por lo tanto, la velocidad de congelación y la temperatura de almacenamiento congelado influyen en la estructura de la carne congelada y sus cualidades sensoriales (Barbut y Mittal, 1990; citados por Soyer *et al.*, 2010).

El mayor deterioro en el almacenamiento de músculos (carne) es la oxidación de lípidos. Las reacciones de oxidación en la carne son los más importantes en la pérdida de calidad, incluyendo el sabor, textura el valor nutritivo y color (Morrissey *et al.*, 1998). Por ejemplo, carnes de pescado y aves de corral son susceptibles a las reacciones oxidativas debido a sus altas concentraciones de catalizadores de oxidación (como mioglobina y hierro) y lípidos (Asghar, Gray, Buckley, Pearson y Booren, 1988; citados por Soyer *et al.*, 2010). La oxidación lipídica es inducida por los lípidos generados por radicales libres y resultados en la generación de compuestos tóxicos tales como los productos de oxidación malondialdehído y colesterol (Morrissey, Sheehy, Galvin, Kerry y Buckley, 1998; citados por Soyer *et al.*, 2010).

Además, la oxidación del fosfolípido causa cambios perceptibles en la calidad de la carne. Por ejemplo, la degradación de los fosfolípidos de las lipasas se ha observado en carne congelada. Estas reacciones se producen en diferentes temperaturas y períodos de almacenamiento (Pikul, Leszczynski, Bechtel y Kummerow, 1984; Pikul, Leszczynski y Kummerow, 1985; citados por Soyer *et al.*, 2010).

Las células musculares contienen altas cantidades de proteínas, que pueden ser también afectados por las reacciones de oxidación (Xiong, 2000). Los cambios químicos inducidos durante la oxidación de proteínas por especies radicales de oxígeno son responsables de muchas modificaciones biológicas, tales como la solubilidad de la proteína, la fragmentación o la agregación de la proteína (Decker, Xiong, Calvert, Crum y Blanchard, 1993; citados por Soyer *et al.*, 2010). Estos procesos son comúnmente asociados a una disminución en la funcionalidad de la proteína muscular, llevando a aumentar las pérdidas de agua, proteína con geles más débiles o emulsiones menos estables (Xiong, 2000).

2.9.2. LA DESCONGELACIÓN

La descongelación de materiales congelados es un componente importante de procesamiento de alimentos, mientras que la congelación es una manera conveniente de conservar los alimentos (Taher y Farid, 2001). La descongelación es un proceso de transferencia de calor compleja (Li y Sun, 2002), en donde los alimentos son dañados por los cambios químicos, físicos y microbiológicos (Boonsumrej *et al.*, 2007). Esa transferencia de calor es desde una fuente más caliente (aire o agua que rodea al producto congelado) hacia el citado producto que está más frío. Este proceso de descongelación es menos eficiente, desde el punto de vista térmico, que el proceso de congelación. La transferencia de calor dentro del producto depende (Ranken, 2013):

- **Conductividad térmica.** La conductividad térmica del agua es mucho más pequeña que la del hielo. La descongelación es por tanto un proceso más lento que la congelación, ya que el calor tiene que pasar a través de un grosor creciente de agua en lugar de un grosor creciente de hielo, como se muestra en la Figura 14.
- **Diferencia de temperatura entre el producto y la fuente de calor.** Esto se determina habitualmente por la temperatura de la fuente exterior. Una gran diferencia de temperatura puede ser dispuesta por la congelación pero es habitualmente difícil disponer de una alta temperatura externa para la descongelación, a causa de los problemas microbiológicos que se pueden presentar, como veremos más adelante.
- **Naturaleza del medio de calentamiento.** El agua transfiere el calor más eficientemente que el aire, pero también causa más problemas de higiene.

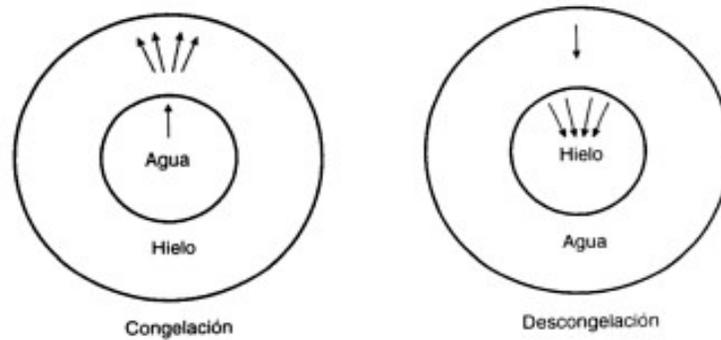


Figura 14: Conductividad térmica durante la congelación y descongelación.

FUENTE: Ranken (2003).

La descongelación de alimentos se realiza normalmente con el aire, en agua fría, agua del grifo y en agua caliente (Eastridge y Bowker, 2011). Las técnicas satisfactorias para descongelar grandes porciones de tejido animal incluyen descongelar en un refrigerador y microondas (Boonsumrej *et al.*, 2007).

Nuevos métodos incluyen el deshielo de alta presión, descongelación óhmica, y descongelación acústica (Li y Sun, 2002). Los métodos tradicionales de descongelación son lentos y fácilmente pueden deteriorar la calidad de carne. Aunque estas limitaciones se eluden en gran medida por las técnicas modernas. En la descongelación por microondas se actúa de manera no uniforme; mientras que algunas regiones cocinan bien la carne, otros pueden permanecer congelados (Taher y Farid, 2001).

En descongelación óhmica un producto alimenticio se coloca entre dos electrodos y se somete a un voltaje bajo, mientras que en tecnología electrostática de alto voltaje (HVEF por sus siglas en inglés), no hay interferencia eléctrica con el producto alimenticio, a excepción de una pequeña fuga y de ionización, que está permitido (Xiangli *et al.*, 2013).

La carne de cerdo se puede descongelar de tres maneras inocuas: en el refrigerador, en baño de agua fría (en una bolsa impermeable de plástico, herméticamente cerrada) y en el horno de microondas (FSIS, 2003 y FDA, 2011a).

2.9.3. EFECTO DE LA CONGELACIÓN Y DESCONGELACIÓN SOBRE LAS PROPIEDADES DE LA CARNE

En términos generales, con la calidad de los alimentos se relaciona estrechamente los procesos de congelación y descongelación (Li y Sun, 2002). Este punto de vista es apoyado por Ngapo *et al.*, (1999); citados por Xiangli *et al.*, (2013), quien señaló que la pérdida por goteo se incrementó en los alimentos que habían sido congelados, y luego descongelados, en relación con los alimentos frescos. La pérdida por goteo, que se ha divulgado para reducir la jugosidad de filetes congelados previamente, puede reducirse mediante métodos de descongelación rápidos (Eastridge y Bowker, 2011).

a. Textura

Según Genot (2000), la crio-concentración de los solutos en el transcurso de la congelación puede provocar modificaciones de la estructura de las proteínas musculares y de sus propiedades (capacidad de retención de agua, solubilidad y actividad enzimática) y en consecuencia, contribuir a modificar la calidad de la carne (jugosidad y textura). A -20 °C, no queda sino un poco más del 10 por ciento de agua en estado líquido. La concentración en solutos ha sido entonces multiplicada, aproximadamente por 10. En estas condiciones, las estructuras secundarias y terciarias de las proteínas sensibles a una fuerza iónica elevada pueden sufrir modificaciones, produciéndose cambios, reversible e irreversibles, en la conformación de las proteínas (desnaturalización). Los efectos de la congelación, generalmente moderados, dependen de las características del producto antes de su congelación (estado de maduración del músculo, troceado, etc.) y en menor medida de las condiciones de congelación; por otro lado, estos efectos son parcialmente eliminados por el tratamiento térmico (cocción) que a la evaluación de la ternura por métodos instrumentales o sensoriales (Genot, 2000).

En la mayoría de los casos, la congelación provoca un ligero aumento de la ternura de la carne. Después de la cocción, la fuerza de cizalladura de los músculos *Longissimus* de cordero congelados es mucho menor que en el caso de la carne fresca y de la carne que fue cocida con o sin descongelación previa (Ferrier, 1997 citado por Genot, 2000). Por último,

la capacidad de retención de agua y la capacidad gelificante de las proteínas musculares disminuyen durante la conservación en estado congelado (Smith, 1987; Wang y Xiong, 1998 citado por Genot, 2000). La capacidad emulsificante de las carnes congeladas sería a veces mayor (+6.4 por ciento) que las carnes frescas y a veces menor, lo que podría deberse a cambios de hidrofobicidad superficial de las proteínas. La estabilidad de las emulsiones preparadas con carne congelada de vacuno o de cerdo disminuye progresivamente con el tiempo de congelación (Miller *et al*, 1980 citado por Genot, 2000).

Así también el ataque de las especies reactivas de oxígeno en las proteínas musculares conduce a la pérdida de grupos sulfhídricos y la generación de compuestos carbonilos. Estos procesos están comúnmente relacionados a la disminución en la funcionalidad proteica del músculo, conduciendo al incremento de la pérdida de agua, geles de proteínas más débiles o la disminución de la estabilidad en emulsiones (Xiong, 2000 citado por Soyer *et al.*, 2010).

b. Color

La estabilidad de la mioglobina en el tejido muscular, depende de la especie del animal, de las características bioquímicas del músculo y de algunos parámetros externos como la presión parcial de oxígeno y temperatura. Entre las características bioquímicas, el tipo metabólico de las fibras musculares y el pH son los parámetros más importantes (Genot, 2000). Las carnes rojas (vacuno, ovino mayor y cerdo) son más oscuras, más castaño/gris, cuando están congeladas que descongeladas (Ranken, 2003). La carne oscura de aves domésticas, conejos y aves de caza pueden tener una apariencia púrpura cuando están congeladas y más rojas cuando descongeladas (Leygonie *et al.*, 2012).

La oxidación de la oximioglobina en la superficie de la carne es el resultado de procesos de degradación fotoquímica y térmica. En la carne congelada, la autooxidación de la mioglobina se retrasa considerablemente y la fotooxidación puede transformarse en el mayor problema. En efecto, si la velocidad de autooxidación de la mioglobina disminuye de dos a cinco veces cuando la temperatura baja 10 °C, con un máximo local situado entre -10 °C y -15 °C a causa de la criocentración de los solutos (Zachariah y Satterlee, 1973;

citados por Genot, 2000), la fotooxidación disminuye sólo un poco por el descenso de la temperatura (Andersen *et al.*, 1979 citado por Genot, 2000) se ha demostrado que el color de la carne congelada de vacuno permanece aceptable después de tres meses a -18 °C si la carne se conserva en oscuridad. Por el contrario, en presencia de iluminación, el color es inaceptable en tan solo tres días (MacDougall, 1982 citado por Genot, 2000).

2.9.4. QUEMADURA DE CONGELACIÓN

La quemadura de congelación es el resultado de la sublimación del hielo desde una superficie no protegida de la carne o producto cárnico. En las fases tempranas hay pequeñas manchas blancas o áreas grises, algunas veces llamadas “chamuscados de congelación”. Este cambio de coloración puede desaparecer cuando la carne se descongela y la superficie de la carne se rehidrata. Si la quemadura del congelador es grave, no desaparecerá al descongelar. Estas quemaduras no son nocivas, pero afectan a la apariencia, calidad y a las propiedades de elaboración. Cuando se presentan quemaduras de congelación también se suelen producir pérdidas de peso (Ranken, 2003). La carne y el pescado son los productos más susceptibles de quemarse en el congelador, debido a la importante cantidad de agua que tienen en su interior. Esto favorece un mayor deterioro. Son alimentos que pierden sus moléculas de agua más superficiales y, en el caso de la carne, la mioglobina, la molécula responsable de su color rojo. Ésta, ante la falta de agua y oxígeno del medio, provoca una reacción de oxidación en la que la mioglobina se transforma en metamioglobina, responsable del color marrón de la carne seca, oxidada. Cuando entra en contacto con el aire frío del congelador, se quema (Gimferrer, 2010).

La quemadura de congelación y la pérdida asociada de peso se pueden evitar si se observan los puntos siguientes (Ranken, 2003): prevenir la desecación por un envase efectivo (politeno u otro material a prueba de humedad), evitar dañar el envase, (manejándolo con cuidado) y mantener los almacenes con aire en reposo, ya que son mejores que los almacenes con aire en ventilación.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. LUGARES DE EJECUCIÓN

De acuerdo a la etapa involucrada, el presente trabajo de investigación se llevó a cabo en los siguientes lugares de Lima Metropolitana:

- Lugar de alimentación de los cerdos: Instalaciones de la empresa Agropecuaria ISAMISAC.
- Lugar de faenamiento: Matadero Frigorífico La Colonial.
- Lugares de los análisis: Laboratorio de Análisis Físico Químico de Alimentos, Laboratorio de Investigación e Instrumentación y Laboratorio de Biotecnología de los Alimentos; de la Facultad de Industrias Alimentarias de la Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM).
- Lugar donde se realizó la liofilización de la carne de cerdo: Instituto de Investigación Nutricional.
- Lugar de la determinación cuantitativa de selenio en la carne: División de Técnicas Analíticas Nucleares del Instituto Peruano de Energía Nuclear (IPEN).
- Lugar del ensayo de cromatografía de ácidos grasos: Laboratorio del Instituto Tecnológico de la Producción (ITP).

3.2. MATERIA PRIMA

Se utilizó el músculo *Longissimus dorsi* proveniente de cerdos alimentados con y sin selenio orgánico, obtenidos de la Planta de Alimentos Balanceados “Integración San Miguel S.A.C.” (ISAMISAC), donde fueron criados. Se evaluaron dos grupos de 140 cerdos, distribuidos en 7 corrales de 20 animales cada uno. Los cerdos evaluados fueron de madre Cambourough 29 y de padre PicBoar- 410.

La línea comercial con la cual se trabajó fue PIC. A un grupo se le administró la dieta control (es decir la alimentación sin selenio orgánico) y al otro grupo se le administró la dieta con selenio orgánico (200 g EconomasE-Alltech® por tonelada de alimento, con 0.3ppm de selenio orgánico).

3.3. EQUIPOS, MATERIALES Y REACTIVOS

3.3.1. EQUIPOS

- Espectrofotómetro Thermo Spectronic, modelo Genesys 6.
- Centrifuga. Hettich, modelo D-78522.
- Centrifuga. Budapesti Vergypary gepeyar, modelo TF-415L2.
- Horno mufla eléctrico Autonics TZ4ST.
- Colorímetro modelo CR- 400, marca Minolta.
- Freezer (congelador).
- Equipo de baño maría CIMATEC S.A.C., modelo Memmert.
- Equipo de Baño maría. Rikakikai. LTD RO.
- Balanza de precisión digital CIMATEC S.A.C., modelo Scout Pro SP6000.
- Balanza analítica, marca OHAUS Corporation.
- Agitador orbital-agitador de rotación, modelo SK-300, marca Lab. Companion.
- Agitador magnético, marca Climatec S.A.C.
- Vortex VELP Scientifica, marca Kossodo S.A.C.
- Analizador de Textura QTS 25 (Brookfield® CNS Farnell, Middelboro, MA, USA).
- Potenciómetro Schott Gerate.
- Campana extractora eléctrica Frontier Duo, marca ESCO Laboratory Fume Hood.
- Sistema de destilación UDK 129, marca VELP Scientifica.
- Sistema digestión Gerhardt, marca Kossodo S.A.C.
- Cromatógrafo de gases con detector de ionización de flama de hidrógeno (FID). Perkin Elmer. Clarus 500.
- Licuadora eléctrica, marca Osterizer Blender.
- Evaporador rotatorio Heidolph. ML-G3.

3.3.2. MATERIALES

- Bolsas herméticas tipo *Zip* de 16.5 x 14.9 cm.
- Papel Aluminio tipo *Foil*.
- Papel Toalla.
- Pañuelos desechables triple hoja.
- Papel milimetrado.
- Papel filtro *Whatman* N° 4.
- Bisturí, con cuchilla N° 22.
- Guantes.
- Cronómetro.
- Tijera.
- Plumón o marcador permanente.
- Cuchara.
- Cuchara – espátula de acero inoxidable.
- Vasos de precipitado de 20, 25 y 50 mL.
- Campana desecadora.
- Fiolas de 10, 50 y 250 mL.
- Probetas de 10, 25, 50 y 100 mL.
- Micropipetas automáticas de volumen variable (20-200 μ L y 100-1000 μ L), marca Brand.
- Tips para micropipetas “Filter tip 10E”, marca Greiner Bio-one.
- Pipetas de 1, 5 y 10 mL.
- Bureta de 25 mL.
- Soporte universal.
- Matraz Erlenmeyer de 250 mL.
- Matraz Kitasato de 500 ml.
- Cocinilla eléctrica.
- Termómetro de Mercurio.
- Crisoles de porcelana.
- Placas de metal.
- Embudos de vidrio.
- Tubos de ensayo PYREX con taparosca de 15mL.

- Gradilla para tubos.
- Baqueta de vidrio.
- Cuchillos.
- Tablas de picar.
- Pinzas.
- Tubos de centrífuga de 45 mL.
- Soporte para tubos centrífuga.
- Hielo picado.
- Plantilla metálica de 10 cm x 10 cm.
- Bandejas plásticas.
- Agua destilada.
- Pera de decantación.
- Viales.
- Columna de 30 metros para el cromatógrafo de gases.

3.3.3. REACTIVOS

- 1,1,3,3-Tetrametoxipropano (TEP).
- 2,2-difenil-1-picrilhidrazilo (DPPH).
- Ácido 6-hidroxi-2,5,7,8-tetrametilcroman-2-carboxílico (TROLOX).
- Ácido Ascórbico (Fermont).
- Ácido tiobarbitúrico (TBA) (Merck).
- Ácido tricloroacético (TCA).
- BHT Butilhidroxitolueno (Sigma).
- Etanol 96 por ciento.
- Metanol al 80 por ciento.
- NaOH.
- HCL.
- Éter de petróleo.
- Cloroformo.
- Arena limpia, lavada con ácido, de una medida tal que pase a través de una malla de 1,4 mm de abertura y que quede sobre una malla de 250 μm de abertura.
- Gas Hidrógeno con un mínimo de pureza de 99.995 por ciento.

3.4. METODOLOGÍA EXPERIMENTAL

3.4.1. ESQUEMA EXPERIMENTAL

En el Cuadro 7, se detalla todas las etapas de la investigación, desde la alimentación de los cerdos, hasta la evaluación de los análisis realizados a los lomos de cerdos obtenidos y almacenados en congelación a $-20\text{ °C} \pm 1$.

Los análisis realizados fueron:

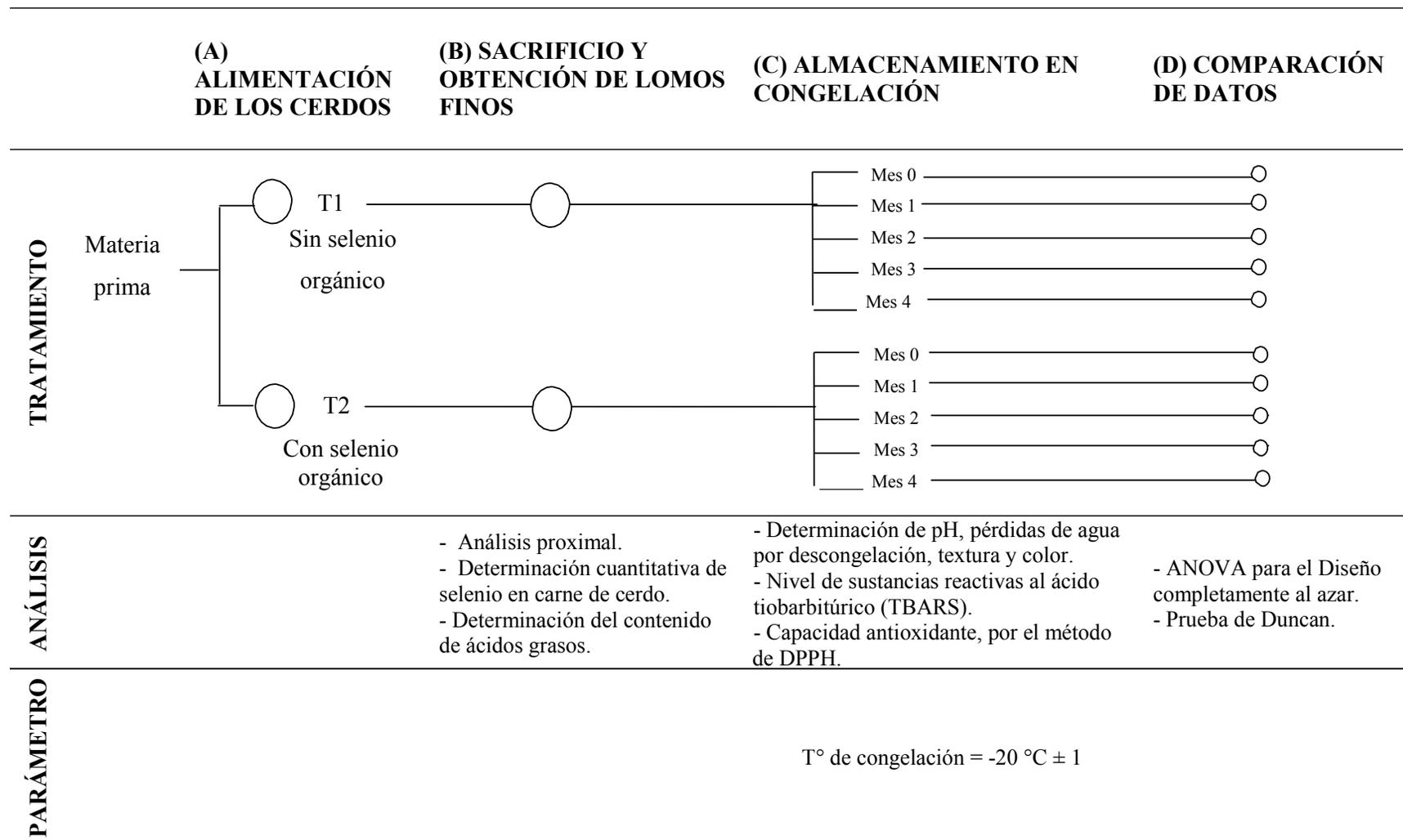
- Análisis proximal.
- Determinación del contenido de selenio.
- Determinación del contenido de ácidos grasos.
- Análisis de las propiedades tecnológicas (pH, pérdida de agua por descongelación, color, textura en términos de dureza).
- Oxidación lipídica por el método TBA.
- Capacidad antioxidante por el método DPPH.

a. Alimentación de los cerdos

Se evaluaron dos grupos de 140 de animales, distribuidos en 7 corrales de 20 animales cada uno. El inicio del tratamiento se realizó en la segunda etapa de crecimiento (a los 100 días de edad). A un grupo se le administró la dieta control, es decir la dieta sin suplementación de selenio orgánico y al otro grupo se le administró la dieta con suplementación de selenio orgánico (200 g EconomasE-Alltech[®] por tonelada de alimento el cual contiene 0.3 ppm de selenio orgánico).

En el Cuadro 8 se muestra la fórmula alimenticia que fue utilizada para los cerdos en la etapa de crecimiento-engorde. Mientras que en el Cuadro 9 se muestra los valores nutricionales de la fórmula alimenticia utilizada para los cerdos en la etapa de crecimiento-engorde.

Cuadro 7: Esquema experimental para la realización del proyecto de investigación.



Cuadro 8: Fórmula alimenticia utilizada para los cerdos en la etapa de crecimiento-acabado (kg).

Ingredientes	Primera etapa del crecimiento (81-95 días)	Segunda etapa del crecimiento (96-106 días)	Primera etapa del engorde (107-122 días)	Segunda etapa del engorde (123 -140 días)
Maíz Argentino 7.88 %	673.41	628.96	614.93	635.96
T. Soya Granoisa+ VEG	187.53	154.45	132.74	143.81
Hominy Feed Saracolca	40	80	120	120
Afrecho de Trigo (SPT)	61.74	100	100	72.3
Aceite de Soya	6.95	9.37	6.05	0.76
Caronato de Calcio	7.22	7.74	8.53	8.27
Harina de Huesos-Llapan	8	4.87	3.53	3.82
Sal Común	4	4	3.5	3.5
Cloruro Colina 75 %	0.4	0.4	0.4	0.4
Formcid RM	1	1	1	1
SUB-TOTAL	990.25	990.79	990.68	989.82
Sesquicarbonato Sodio	0.93	0.85	1.05	1.15
L-Lisina HCL	3.63	3.54	3.39	3.38
DL-Metionina	0.51	0.37	0.23	0.52
L-Treonina	1.03	1.05	1.01	1.35
Proapak 8	1	1	1	1
Allzyme Vegpro	1	1	1	1
Allzyme SSF Cardos+ Vegpro	0.2	0.2	0.2	0.2
Alquerfeed Antitox	0.5	0.5	0.5	0.5
Antidip	0.75	0.5	0.75	0.5
Enradin F80	0.063	0.063	0.063	0.063
Finalisse				0.375
Antox	0.13	0.13	0.13	0.13

Cuadro 9: Valores nutricionales de la fórmula alimenticia utilizada para los cerdos en la etapa de crecimiento-acabado.

Ingredientes	Primera etapa del crecimiento	Segunda etapa del crecimiento	Primera etapa del engorde	Segunda etapa del engorde
Energía Metabólica (kcal/kg)*	3300	3300	3300	3300
Proteína Cruda (%)	16.57	15.67	14.98	15.32
Grasa Cruda (%)	4.43	5.34	5.69	5.18
Fibra Cruda (%)	3.00	3.34	3.40	3.20
Calcio (%)	0.72	0.63	0.61	0.61
Fosforo disponible (%)	0.34	0.30	0.28	0.28
Sodio (%)	0.21	0.21	0.20	0.20
Balance Electrolítico (mEq/kg)	150	150	150	150
Lisina digestible (%)	0.97	0.89	0.83	0.85
Met. + Cis. digestible (%)	0.53	0.49	0.46	0.49
Treonina digestible (%)	0.60	0.56	0.53	0.58
Triptofano digestible (%)	0.17	0.15	0.14	0.15
Valina digestible (%)	0.67	0.62	0.58	0.60
Isoleucina digestible (%)	0.69	0.61	0.57	0.60

*Energía metabolizable (EM) kcal / kg de dieta completa.

b. Sacrificio y muestreo de lomos de cerdo

Luego de 40 días de alimentación (desde los 100 días a los 140 días de edad), llegando a un rango de peso promedio de 90 kg, los cerdos fueron sacrificados. El proceso de sacrificio fue pasando por el desangrado, escaldado, depilado, el corte de esternón, el eviscerado, oreo y finalmente la clasificación de cada carcasa para determinar el destino que va a seguir. Este proceso se llevó a cabo en las instalaciones del Matadero Frigorífico La Colonial.

Para el muestreo de los cerdos se siguió el procedimiento de muestreo de la NTP-ISO 2859-1 (2013). Para lo cual se determinó las condiciones del muestreo, siendo estas de un

muestreo simple y de inspección reducida, puesto que las condiciones de calidad del proceso productivo (alimentación de los cerdos, crianza de los cerdos, parámetros de temperatura y tiempo del proceso de faenamiento, etc.) que posee la empresa ISAMISAC están controladas y además que la empresa tiene implementado sistemas de calidad.

El tamaño de la muestra tomada completamente al azar por cada grupo (cerdos alimentados con una dieta sin suplementación de selenio orgánico y con suplementación de selenio orgánico) fue de 15 canales, de las cuales se separaron los lomos de cerdo (*Longissimus dorsi*). Para cada análisis se tomaron tres muestras de cada lomo de cerdo y se sacó el promedio, obteniéndose 15 datos por tratamiento.

c. Almacenamiento en congelación

La FDA (2011b) recomienda que el tiempo de congelación para la carne de cerdo deba ser de 3 a 4 meses. Para el presente estudio el almacenamiento en congelación fue de 4 meses, con una temperatura de congelación de -20 °C.

En cada mes (0, 1, 2, 3 y 4), se realizaron las evaluaciones de pH, color, pérdidas de agua por descongelación, TBA y DPPH. En el caso de dureza, se realizó en el mes 0 y 4. Para todas las pruebas se utilizó el músculo *Longissimus dorsi*. Se evaluaron tres repeticiones por cada prueba.

d. Comparación de datos

En esta etapa se realizó el análisis estadístico, donde los factores en estudio fueron en forma independiente el tipo de dieta y el tiempo de almacenamiento de las carnes, ambos factores se evaluaron con una análisis multifactorial y un análisis simple (ANOVA) que en caso de ser significativo ($p < 0.05$) se continuó con el estudio aplicando el test de comparaciones múltiples de Duncan. Para el análisis estadístico mencionado se utilizó el paquete estadístico *Statgraphics Centurion*[®].

3.5. MÉTODO DE ANÁLISIS

3.5.1. ANÁLISIS QUÍMICO DE LOS LOMOS DE CERDO (*Sus scrofa domestica*)

Con la finalidad de caracterizar la materia prima se realizó el análisis proximal a la muestra del Tratamiento 1: Cerdos alimentados con una dieta sin suplementación de selenio orgánico, y Tratamiento 2: Cerdos alimentados con una dieta con suplementación de selenio orgánico, para ello se emplearon los siguientes métodos:

- Determinación del contenido de humedad. Se realizó por desecación en estufa siguiendo la metodología para análisis de carne y productos cárnicos que cita la NTP ISO 1442 (2006) de INDECOPI.
- Determinación del contenido de proteínas. Se realizó siguiendo la metodología para análisis de carne y productos cárnicos que cita la NTP 201.021 (2002) de INDECOPI, donde se cuantificó el nitrógeno total por el método de Kjeldahl.
- Determinación del contenido de grasa. Se realizó por el método de extracción con éter de petróleo, siguiendo la metodología para análisis de carne y productos cárnicos que cita la NTP 201.016 (2002) de INDECOPI.
- Determinación del contenido de cenizas. Se realizó por medio de la calcinación en mufla siguiendo la metodología para análisis de carne y productos cárnicos que cita la NTP 201.022 (2002) de INDECOPI.
- Determinación del contenido de carbohidratos. Se determinó por diferencia.

3.5.2. DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE SELENIO EN CARNE DE CERDO

La determinación cuantitativa de selenio en carne de cerdo fue mediante el análisis por activación neutrónica instrumental, según el método *ksubcero* (Simonits y De Corte, 1975). La técnica del análisis por activación neutrónica instrumental (AANI) consiste en la irradiación de una muestra con neutrones para hacerla radioactiva y la medición de los rayos gamma emitidos por dicha muestra radiactiva, para identificar y cuantificar los diferentes elementos y minerales trazas presentes en la muestra (Bedregal *et al.*, 2009).

3.5.3. PROPIEDADES TECNOLÓGICAS

a. pH

La medida del pH se realizó siguiendo la metodología de la NTP-ISO 2917 (2005) de INDECOPI.

b. Pérdida de agua por descongelación

Para medir la pérdida de agua por descongelación de los lomos de cerdo congelado se empleó el método descrito por Xia *et al.* (2012) citado por Xiangli *et al.* (2013). Donde las muestras fueron sacados del congelador, para luego ser descongeladas en un refrigerador comercial en 4 a 5 °C durante 24 horas (Miezeliene *et al.*, 2011).

Ésta pérdida por descongelación fue calculada como la diferencia entre el peso de la carne de lomo de cerdo congelado (M_0) y peso de la carne de lomo de cerdo descongelado (M_T), expresada como un porcentaje del M_0 (Xiangli *et al.*, 2013):

$$\text{Pérdida de agua por descongelación (\%)} = \frac{M_0 - M_T}{M_0} \times 100$$

Todas las mediciones se realizaron por triplicado, y los resultados reportados son los promedios de esas repeticiones.

c. Color

Los parámetros de color (L^* , a^* , b^*) se midieron a las 24 horas *post-mortem* del mes 0 y en los posteriores meses 1, 2, 3 y 4. Para eso se utilizó el colorímetro Minolta CR 400. El color se midió en tres locaciones de los lomos de cerdo (músculo *Longissimus dorsi*) y se reportó el promedio de esos valores.

El croma o valor de C* y el ángulo de tono (h°) fueron calculados con las siguientes fórmulas (Ripoll *et al.*, 2011):

$$h^{\circ} = \text{tang}^{-1}(b^*/a^*)$$
$$C^* = ((a^*)^2 + (b^*)^2)^{0.5}$$

d. Dureza

Para la determinación de la dureza se utilizó la metodología sugerida por Honikel (1998):

- Primero se acondicionaron las muestras, las cuales fueron cortadas aproximadamente con 50 mm de espesor como máximo y de un peso estándar.
- Luego se envolvió con papel aluminio y se introdujeron en bolsas de plástico de paredes delgadas y herméticas, eliminando el aire en su interior.
- Se sumergió la bolsa sellada en agua a 90 °C por 30 min, hasta alcanzar una temperatura interna de 75 °C.
- Una vez alcanzada la temperatura se retiraron las muestras del baño maría y se enfriaron inmediatamente, luego rompieron las bolsas, se retiró el papel aluminio y se secó la superficie de la carne.
- La carne cocida fue cortada en tiras con ayuda del papel milimetrado (teniendo cuidado de no causar daños), en una sección transversal de 1 cm² (1 cm x 1 cm) y 2 cm largo, cortado en dirección paralela a las fibras musculares.
- La medición se realizó por triplicado utilizando el dispositivo Warner-Bratzler del analizador de textura QTS 25 (Brookfield® CNS Farnell, Middelboro, MA, USA). La hoja de corte debe ser de 1 a 2 mm de espesor con un agujero rectangular de 11 mm de ancho y por lo menos 15 mm de altura. El agujero debe tener bordes lisos cuadrados y la hoja debe ser empujado a una velocidad de 100 mm/min, con un umbral de fuerza de 50 g, y a una distancia de corte de 15 mm.
- Los parámetros determinados en el ensayo serán la fuerza máxima de corte y la energía total necesaria para romper la muestra totalmente.

3.5.4. DETERMINACIÓN DEL PERFIL LIPÍDICO DE LA CARNE DE CERDO

Para la determinación de los ácidos grasos en la carne de cerdo por cromatografía de gases se realizó una extracción previa de grasa en frío según una modificación al método Bligh y Dyer (1959), siguiendo los pasos que se describen a continuación:

- Una muestra de 500 g de carne de cerdo se trituró y se homogenizó. Se tomó 20 gramos de carne de cerdo homogenizada y se colocó en un agitador.
- Después se adicionó 20 mL de cloroformo con 20 mL de metanol y se agitó por un minuto.
- Seguidamente se adicionó 20 mL de cloroformo con 20 mL de agua y se volvió a mezclar por un minuto. Luego se filtró al vacío en un matraz de Kitasato y se trasvasó el filtrado en un embudo de decantación para separar las fases y recuperar la fase de cloroformo que es la que contiene la grasa.
- Se utilizó sulfato de sodio y papel filtro, para filtrar esta solución de cloroformo con los ácidos grasos.
- Después se colocó la muestra en el rotavapor a 40 °C para facilitar la evaporación del cloroformo.
- Luego que se evaporó el solvente, se tomó con una pipeta pasteur la muestra y se colocó cuatro gotas de muestra equivalente a 60 mg en cada tubo de ensayo y se disolvió la grasa con 3 mL de éter de petróleo. Se agitó en un vortex para disolver la grasa en el éter.
- Luego se agregó 200 µL de NaOH 2N en metanol. Se agitó en un vortex por un minuto y se colocó las muestras en baño maría por 20 segundos, se agitó nuevamente.
- Posteriormente, se añadió ácido clorhídrico 2N en metanol y se agitó en el vortex.
- Luego se centrifugó la muestra a 3000 rpm por siete minutos.
- Luego con ayuda de una pipeta pasteur se colocó la muestra en unos viales para ser colocado en el cromatógrafo de gases.

La separación e identificación de los ácidos grasos se llevó a cabo empleando un cromatógrafo de gases acoplado a un detector de ionización de llama, equipado con una

columna capilar Supelcowax – 10 de silica fundida, marca Supelco de 30 metros de longitud, 0.25 mm de diámetro interno y 0.25 μm de espesor de película. Las condiciones de análisis fueron:

Temperatura del horno	240 ° C
Temperatura del inyector	250 ° C
Temperatura del detector	260 ° C
Presión del hidrógeno	5 psi
Split	100:1
Inyección	1 μL

La identificación de los ácidos grasos se llevó por comparación de los tiempos de retención con los estándares (PUFA N°1, Marine source 100mg LOTE LB78691 Supelco y FAME Mix. C4-C24 Unsaturates 100 mg Supelco). En la determinación del perfil de ácidos grasos se obtuvieron porcentajes relativos de las áreas de cada uno de los ácidos grasos que componen la grasa, la sumatoria de todas las áreas fue el 100 por ciento. Para cuantificar los ácidos grasos en base a gramos de ácido graso/100 g de muestra se multiplicó el porcentaje relativo del ácido graso por el porcentaje de grasa de la muestra y por un factor de corrección (0.910) para grasa de cerdo dado que de la grasa de cerdo no todos son ácidos grasos. Sin embargo, los resultados se expresaron en la presente investigación en porcentaje de cada ácido graso sobre el total de ácidos grasos para fines de comparación.

3.5.5. DETERMINACIÓN DE LA OXIDACIÓN LIPÍDICA POR EL MÉTODO DEL TBA

Para medir la oxidación lipídica se empleó el método descrito por Ahn *et al.* (1999); citados por Jung *et al.* (2010), con ligeras modificaciones, el cual se basa en la reacción del malonaldehído (MDA) con el ácido tiobarbitúrico (TBA) para obtener un pigmento rojo que se forma por la condensación de dos moléculas de TBA con una molécula de MDA. El procedimiento para la determinación del contenido de malonaldehído fue: cada muestra de carne de cerdo de 10 g se homogenizó en 30 mL de agua en una licuadora durante 40

segundos. Se transfirió 2 mL del sobrenadante a un tubo de ensayo. En el tubo de ensayo se añadió 100 µL de BHT (7.2 por ciento en etanol) y 4 mL de solución TBA/TCA (20 mM de TBA en 15 por ciento de TCA, p/v), esta mezcla se homogenizó en un vortex durante 20 segundos. Los tubos se calentaron en un baño María a 90 °C durante 30 minutos, luego fueron enfriados por 10 minutos en un baño de agua fría, tras lo cual las muestras fueron homogenizadas y centrifugadas a 5800 rpm por 30 minutos. Finalmente el sobrenadante fue leído a 532 nm en un espectrofotómetro. Al resultado obtenido se le restó el blanco el cual fue preparado colocando 2 mL de agua destilada y 4mL de solución TBA/TCA (sin adición de BHT) y siguiendo el procedimiento anterior. Los resultados se expresaron en mg de malonaldehído (MDA) por kg de carne de cerdo, para ello se preparó una curva estándar utilizando 1,1,3,3,- Tetrametoxipropano (TEP) (ANEXO I).

3.5.6. DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD ANTIOXIDANTE

a. Preparación de las muestras para determinación de la capacidad antioxidante

Se licuó 3 g de lomo de cerdo con 15 mL de agua destilada durante un minuto. Luego se le añadió 10 mL de cloroformo (para mejorar la separación y así evitar las interferencias de la grasa de la carne) y se agitó vigorosamente de dos a tres veces. Los lípidos y el sobrenadante acuoso se separaron por centrifugación a 6270 rpm durante 15 minutos. El sobrenadante (fase hidrofílica) se utilizó para la medida de la capacidad antioxidante por los métodos DPPH (Jung *et al.*, 2010).

b. Método DPPH (2,2- diphenyl-1-picrylhidrazyl)

La cuantificación de la capacidad antioxidante por el método DPPH, se realizó de acuerdo al método de Blois (1958), citados por Jung *et al.* (2010), con algunas modificaciones. En el ensayo se hizo reaccionar 200 µL del extracto con 800 µL de agua destilada y 1 mL de solución diluida de DPPH (solución de 0.08 mM proveniente de 0.2 mM de solución madre), la reacción se dio a temperatura ambiente (20-22 °C) con agitación y protegida de la luz durante 30 minutos.

La absorbancia se leyó a 515 nm y el resultado fue transformado en porcentaje de inhibición los cuales fueron reemplazados en dos curvas estándares considerando al Trolox y al ácido ascórbico, como equivalentes químicos (ANEXO II y ANEXO III). Los resultados fueron expresados como TEAC (actividad antioxidante equivalente al Trolox) y VCEAC (Actividad antioxidante equivalente a la vitamina C). La curva estándar correlaciona la concentración de Trolox (μM) o ácido ascórbico ($\mu\text{g/mL}$) con el porcentaje de inhibición, el cual se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Porcentaje de Inhibición (\%)} = \left[1 - \frac{\text{Absorbancia de la muestra}}{\text{Absorbancia del blanco}} \right] \times 100$$

IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1. CARACTERIZACIÓN DE LA CARNE DE CERDO

4.1.1. COMPONENTES MAYORITARIOS DE LOS LOMOS DE CERDO (Músculo *Longissimus dorsi*)

En el Anexo 4, se presentan los resultados de los componentes mayoritarios, tales como: humedad, grasa, proteína, cenizas y carbohidratos; provenientes de los lomos de cerdos alimentados con selenio orgánico y sin selenio orgánico. Para estas determinaciones, con fines de caracterización, se suele utilizar la carne proveniente del músculo *Longissimus dorsi* (*LD*) (Ramos, 2008). Los resultados están expresados tanto en base húmeda como en extracto seco. Y se puede observar que ambas muestras tienen una composición química similar.

Los componentes mayoritarios en el *LD* de los lomos de cerdo para ambos tratamientos fueron el agua y la proteína. La humedad representó el 68 y 70 por ciento del peso fresco del músculo, proveniente de la alimentación con y sin selenio orgánico, respectivamente. Y la proteína obtuvo valores de 21 y 19 por ciento del peso fresco del músculo, proveniente de la alimentación con y sin selenio orgánico, respectivamente. Mientras que la grasa y ceniza, solo alcanzaron valores promedio de 8 y 1.2 por ciento del peso fresco, respectivamente, para ambos tratamientos. Y los carbohidratos para la dieta con selenio orgánico fueron de 2 por ciento y para la dieta sin selenio orgánico fue de 1.4 por ciento.

Como la mayor parte de agua se encuentra atrapada entre las proteínas miofibrilares (70 por ciento; Carballo *et al.*, 2001), existe una relación casi constante entre el contenido de proteína miofibrilar de la carne y de su agua (Sánchez, 1999; citado por Ramos, 2008). El contenido en agua disminuye a medida que aumenta el contenido de grasa en el músculo

(Forrest *et al.*, 1979; citados por Ramos, 2008). Así, en cerdos autóctonos con alto grado de engrasamiento muscular los contenidos en humedad son inferiores a las razas mejoradas con bajo grado de engrasamiento. Ramos (2008) reporta valores de humedad del 68 por ciento del peso fresco del músculo *LD* de cerdos criollos de Tumbes. Según López *et al.* (2006) y Méndez *et al.*, (2002) el porcentaje promedio de la humedad de la carne de cerdo es de 73.10 ± 0.81 por ciento. Ambos valores son similares a lo determinado en la presente investigación. Por otra parte, en el estudio de Choe *et al.* (2011) utilizando un antioxidante sintético en la dieta de cerdos, determinó que el contenido de humedad ($p < 0.05$) del control (sin acción antioxidante) y de la muestra con adición de 0.01 por ciento butilato hidroxitolueno (BHT), fue de 64 y 65 por ciento, respectivamente. Resultando en la retención de humedad para la muestra con acción antioxidante, caso contrario ocurrió con la presente investigación.

Respecto a la proteína, Choe *et al.* (2011) reportaron valores de 15.93 y 15.97 por ciento para los tratamientos: control y con adición de BHT (antioxidante), respectivamente. Los resultados obtenidos en la presente investigación están dentro de los valores establecidos, además presentan la misma tendencia, es decir, las muestras con suplementación de selenio orgánico (fuente que ayuda a la acción antioxidante) tuvo mayor contenido de proteínas, al igual que lo determinado por el autor. Esa misma tendencia, encontró Juniper *et al.* (2009) al analizar en corderos el efecto de adicionar levaduras selenizadas (0.31 mg Se/kg materia secas como levadura-Se), respecto al control (sin suplementación). Bobcek *et al.* (2004), analizó proteína en el músculo *Longissimus lumborum et thoracis* provenientes de cerdos de la raza Large White, alimentados con diferentes concentraciones de selenio orgánico, para una suplementación de 0.3 ppm obtuvo valores de 24.68 ± 0.26 por ciento y para la suplementación con 0.18 ppm de selenio orgánico obtuvo: 24.44 ± 0.19 por ciento. Las diferencias entre los valores posiblemente se deban a los distintos músculos tomados en los análisis, o las distintas dietas suplementadas.

Y en cuanto al contenido de grasa en el estudio de Choe *et al.* (2011), fue de 17.42 y 16.78 por ciento, para el control y tratamiento con BHT, respectivamente. Los valores de contenido de grasa en la presente investigación son inferiores a esos valores reportados por los autores, sin embargo la tendencia concuerda con lo determinado en el análisis, donde la suplementación sin selenio orgánico (o control, es decir sin fuente antioxidante), presenta

mayor contenido de grasa. En otra investigación, Bobcek *et al.* (2004) reportó valores de 2.65 ± 0.21 por ciento para una suplementación de 0.18 ppm y 2.38 ± 0.12 por ciento para las muestras con suplementación con 0.3 ppm, ambas suplementaciones de selenio orgánico. Esos valores son mucho más bajos a los determinados en este estudio. Ésta variación entre lo reportado bibliográficamente y lo determinado en el análisis, pudo deberse a las distintas razas utilizadas; para el primer caso se utilizaron cerdos de una granja de Korea, para el otro estudio se usaron cerdos de razas Large White, mientras que para el presente estudio se utilizaron cerdos de padres de la línea comercial PIC, es decir cerdos que cumplían estándares ya definidos. Cañeque y Sañudo (2005) a esto agregan que, en general, las razas rústicas presentan mayor contenido de grasa intramuscular que las razas especializadas.

El Departamento de Agricultura de Estados Unidos (USDA, 2004), citado por Ramos (2008), ha realizado una publicación donde señala que el contenido de grasa para cerdo esta entre 9.4 y 7.8 por ciento para pierna y lomo, respectivamente, aunque estos valores varían con la raza y el tipo de corte en cada país. Por ejemplo, según Mourot y Hermier (2001) el contenido de grasa en el lomo están entre 1,5 a 2 por ciento. Se encontró que el cerdo criollo Chato Murciano, en España, tiene 6,39 por ciento de grasa intramuscular en el músculo *Longissimus* (Peinado *et al.*, 2004), valor que concuerda más con lo encontrado. Asimismo, Devol *et al.* (1988) luego de evaluar 120 canales del cerdo blanco encontró que el contenido de grasa intramuscular en el músculo *Longissimus*, fue de 3,18 por ciento, mientras Séllier (1988) encontró niveles más bajos en el mismo músculo, 2,33 por ciento para la raza Landrace. Sin embargo, Lo *et al.* (1992), citados por Ramos (2008) encontraron casi un 5 por ciento de grasa intramuscular en el músculo *Longissimus* en una línea Duroc. Al igual que Cáceres (2001) citado por Cañeque y Sañudo (2005) quien reporta valores para la grasa de carne de cerdo de 5.3 por ciento, lo cual también está más cercano a lo encontrado.

Además de lo dicho anteriormente sobre la variación en el contenido de grasa intramuscular debido a las razas. Carbajal (2001), por su parte menciona que la grasa en la carne de cerdo depende en gran medida de los factores externos y muy especialmente en el tipo de alimentación. Entonces, una dieta suplementada con selenio podría inferir en el variación de la composición de la grasa.

En términos de extracto seco, se observa que no existen diferencias significativas en el contenido de proteína, cenizas y carbohidratos, sin embargo, si existen diferencias significativas en el contenido de grasa ($p < 0.05$) entre las muestras de carne provenientes de cerdos alimentados con una dieta suplementada de selenio orgánico y sin selenio orgánico. Ramos (2008) nos indica que las proteínas constituyen el componente mayoritario de la materia seca del músculo estriado, determinando en su estudio que la proteína representa aproximadamente el 70 por ciento, mientras que la grasa el 26 por ciento y las cenizas el 4 por ciento. Valores muy parecidos determinó Rossi *et al.* (2013) quién reportó 23 por ciento de proteína cruda, 1.54 por ciento de ceniza y 28 por ciento de materia seca. Los valores de proteínas, grasa, y minerales determinadas en las muestras se encontraron dentro de los rangos reportados por dichos autores.

En general, se puede decir que la carne contiene entre 71 y 75 por ciento de agua, de un 20 a un 23 por ciento de proteínas, de 1 a 6 por ciento de grasa, un 1 por ciento de sustancias minerales y menos de un 2 por ciento de hidratos de carbono (Sierra, 2010). Esto concuerda con lo reportado, además por lo determinado por Sañudo *et al.* (1998), quienes dan valores similares para la composición de la carne magra, pero mencionan que el contenido de grasa es de 1 a 2 por ciento, y por lo dicho con Pearson y Young (1989); citados por Ramos (2008), pero que varía en el contenido de grasa que según ellos va de 1-13 por ciento. Como ya se ha mencionado hay muchos factores que influyen sobre la composición química de la carne, sobre todo en el contenido graso, como la especie, raza, genotipo, estado fisiológico, dieta, sistema de manejo, tipo de músculo, etc. (Sierra, 2010). Estos factores no solo afectan al contenido total de grasa intramuscular, sino también al perfil lipídico de la misma, y además, puede tener efectos sobre determinados atributos sensoriales como el flavor, la textura y el color, y afectará a la estabilidad oxidativa de la carne durante la maduración *post-mortem* (Farmer, 1994; Wood *et al.*, 2003).

4.1.2. CONTENIDO DE SELENIO EN LA CARNE DE CERDO

En el Anexo 5 se observa los valores obtenidos de la cuantificación de selenio para los lomos de cerdo provenientes de una dieta suplementada con selenio orgánico y de aquellos que no tuvieron suplementación de selenio orgánico.

En cuanto a la base seca, no se encontraron diferencias significativas ($p < 0.05$) entre los

tratamientos. Además se observó que el contenido de selenio fue mayor en los lomos de cerdo que tuvieron suplementación con selenio orgánico en comparación con los que no tuvieron suplementación. Resultados similares han sido descritos por múltiples autores en diferentes especies, es así que en el estudio de Mahan y Parret (1996); citados por Bobcek (2004), se deduce que una mayor retención del selenio se produce cuando se alimenta la fuente con selenio orgánico.

Who (1987), citado por *Institute of Medicine* (2000), nos dice que en el músculo de la carne de animales el contenido de selenio varía de 0.1 a 0.4 $\mu\text{g/g}$ (ppm). En el estudio de Mahan (2005) sobre chuletas de cerdo con 0.3 ppm de selenio orgánico presentaron una concentración de 0.51 ppm. Como se puede apreciar en el Anexo 5, la dieta suplementada con selenio orgánico (0.3 ppm) tuvo una concentración de selenio de 2.0 ppm, siendo un valor superior a lo reportado por los autores antes mencionados. Esa mayor retención de selenio en los tejidos del músculo analizado se pudo deber a la concentración de selenio en la suplementación de la dieta. Por ejemplo, en el estudio realizado por Bobcek (2004), se observa que las concentraciones de selenio en los tejidos aumentan cuando se proporcionan niveles de selenio más altos en la dieta, así para una suplementación con 0.18 ppm y 0.3 ppm de selenio orgánico, se encontraron concentraciones de selenio de 0.36 ppm y 0.92 ppm, respectivamente, en el músculo *Longissimus lumborum et thoracis*.

Por otra parte, se encontró cierta presencia de selenio en las dietas sin suplementación. Esto pudo deberse ya que el selenio se encuentra en forma natural en los ingredientes de las plantas que sirven de alimento en las dietas de los animales (Deniz *et al.*, 2005), lo cual va a influir en la variación del contenido de selenio en los alimentos, porque dependen del contenido de selenio que hay en el suelo donde la planta creció y del contenido de selenio que tienen los alimentos que fueron consumidos (Who, 1987; citado por *Institute of Medicine*, 2000). Cabe recalcar que los músculos contienen generalmente concentraciones más elevadas de selenio y los valores de estos se modifican por el consumo en la dieta (Church y Pond, 1992; citado por Segovia, 2005). Teniendo en cuenta que los ingredientes de las dietas (forrajes, granos, harinas de semillas oleaginosas, etc.), sólo contienen selenio en forma orgánica (Surai, 2006 y Hosseini *et al.*, 2010), y que los estudios muestran que el selenio orgánico tiene mayor biodisponibilidad del selenio, entonces eso explica la presencia de selenio en el músculo, a pesar de no haber tenido suplementación.

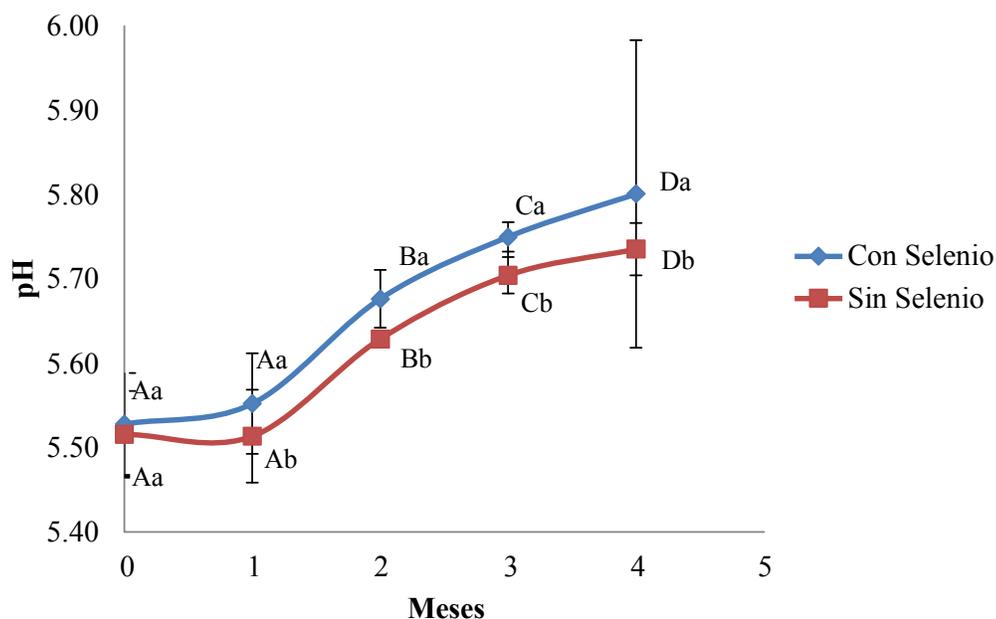
Giraldo *et al.* (2010) señalan que el selenio es un mineral que puede ser depositado en diferentes niveles en los tejidos, según la cantidad y la fuente de selenio adicionado en las dietas animales. Entonces se puede decir que la suplementación con fuente de selenio orgánico en la dieta de cerdos es una de las posibilidades de cómo resolver los problemas de suministro suficiente de selenio en la nutrición humana (Deniz *et al.*, 2005 y Bobcek, 2004). Juniper *et al.* (2009) también agregan que la distribución y la acumulación de selenio en los tejidos animales dependen mucho de la fuente de suplementación de selenio. Siendo el selenio orgánico el aditivo ideal, porque tanto los animales como los humanos lo absorben y lo retienen en mayor cantidad (Jiakui y Xianolong, 2004).

Según el *Institute of Medicine* (2000) la ingesta diaria recomendada (RDA, nivel de ingesta en la dieta que es suficiente para cubrir las necesidades de nutrientes de casi todos los individuos sanos de un grupo), de selenio en la dieta de hombres y mujeres es de 55 µg/día. Por otra parte, a dosis altas, el selenio ha demostrado ser tóxico, por lo que se ha propuesto como un consumo máximo seguro de 450 µg/día (BNF, 2001). La FDA (1992); citado por Bobcek (2004) por su parte indica que los términos "alto", "rico en" o "fuente importante de" deben utilizarse cuando una porción de alimento (en el caso de las carnes, 100 g) contiene 20 por ciento o más de la Ingesta Diaria de Referencia (también denominado valor diario). Entonces, al consumir 100 gramos de lomo de cerdo diarios de las muestras de carne, provenientes de cerdos alimentados con una dieta suplementada con selenio orgánico se estaría consumiendo 65 µg de selenio al día, mientras si se consumen 100 gramos de carne provenientes de cerdos alimentados con una dieta sin selenio orgánico se estaría consumiendo solo 45 µg de selenio al día. Es decir, con las muestras de carne provenientes de cerdos alimentados con una dieta suplementada con selenio orgánico se estaría cubriendo la ingesta diaria recomendada (RDA) y puede que no genere ningún peligro para la salud de los adultos ya que el contenido de selenio está por debajo del nivel tolerable máximo, además se pueden considerar como fuente importante de selenio. Esto concuerda con lo determinado por Bobcek *et al.* (2004) quién concluye que una suplementación con selenio orgánico en una dieta de cerdo es una de las posibilidades de resolver los problemas de suministro suficiente de selenio en la nutrición humana.

4.2. PROPIEDADES TECNOLÓGICAS DE LOS LOMOS DE CERDO

4.2.1. pH

La acidificación de los músculos *post mortem*, es uno de los cambios fundamentales en su proceso de conversión a carne (Warriss, 2003). El pH estima el nivel de ácido láctico y de otros ácidos orgánicos de las carnes, circunstancia que lo convierte en el parámetro de referencia para evaluar la glucólisis muscular *post mortem* y las desviaciones de la calidad de la carne durante la misma (Sellier, 1988; citado por Cañeque y Sañudo, 2005). La variación en el grado y la extensión de su acidificación influyen en especial sobre el color de la carne, la capacidad de retención de agua y la textura (Warriss, 20003). En la Figura 15, se muestra el efecto de los tratamientos (con y sin selenio orgánico) incorporados en la dieta de los cerdos sobre el pH medido en el músculo *Longissimus dorsi* (LD).



^{A,B,C,D} Las letras mayúsculas iguales no presentan diferencias significativas en el tiempo cuando se someten a la prueba de Duncan ($p < 0.05$). ^{a,b} Las letras minúsculas iguales no presentan diferencias significativas por el efecto del tipo de suplementación cuando se someten a la prueba de Duncan ($p < 0.05$).

Figura 15: Tendencia del pH en el músculo *Longissimus dorsi* durante el almacenamiento en congelación para los tratamientos.

En el Anexo 6, se observa que los valores de pH de los lomos de cerdo alimentados con una dieta con selenio orgánico fueron mayores a los de la dieta sin selenio orgánico. Según Algorañaz (2007), la carne con mayor pH tiene mejores propiedades de retención de agua. Huff-Lonergan y Lonergan (2005), citados por Xiangli *et al.* (2013) mencionan que una vez que el pH ha alcanzado el punto isoeléctrico de las proteínas de la carne, los grupos polarizados dentro de la proteína son atraídos uno al otro y dan como resultado una reducción en la cantidad de agua que puede ser atraída y sostenida por esa proteína. Eguinoa *et al.* (2006) explica que el descenso de pH provoca un encogimiento de la red de cadenas polipeptídicas que conlleva a una disminución de la capacidad de la carne para retener agua. El poder de retención de agua está estrechamente ligado al pH último y guarda un valor más alto cuanto más alto sea el valor de pH. La velocidad a la que el pH último se estabilice tiene también influencia. Cuando la caída de pH es más rápida, las alteraciones sufridas por las proteínas miofibrilares y sarcoplasmáticas se traducen en un descenso en el poder de retención de agua (Eguinoa *et al.*, 2006).

Los valores de pH para los tratamientos con y sin selenio orgánico, varían desde 5.53 a 5.80 y 5.52 a 5.74, respectivamente. Algorañaz (2007) menciona que la carne de cerdo alcanza su valor de pH más bajo de 5.4 a 5.8 en 6 a 10 horas después de sacrificio. Cañequé y Sañudo (2005) también mencionan que el pH en la carne de cerdo suele descender hasta valores de 5.6 a 5.8 a las 24 h posteriores al sacrificio. Peinado *et al.* (2009), determinó que en el cerdo Chato Murciano, los valores de pH encontrados en el músculo *Longissimus lumbar*, medido con pHmetro portátil de punción, fueron de 6.3 a los 45 minutos del sacrificio, y de 5.6 a las 24 horas *post mortem*. Por su parte Alltech (2008), determinó que el pH para lomos de cerdo a las 24 horas *post mortem*, era de 5.5 para su control y 5.52 para cerdos alimentados con dietas con Selenito (selenio inorgánico) y vitamina E. Estos datos coinciden con Santoyo (2005); citado por Algorañaz (2007), quien indica que el pH de la carne de cerdo tiende a aumentar 24 horas después de sacrificio hasta encontrar un valor constante a los 5 a 6 días después de sacrificio. Los valores de los autores citados concuerdan con lo encontrado para ambos tratamientos, durante las primeras 24 horas *post mortem*. Asimismo, se puede observar en el Anexo 6, que ninguno de los tratamientos presentó pH menor a 5.4 o mayor a 5.8 a las 24 horas, estos rangos han sido establecidos para carne PSE y DFD (Bendall y Lawrie, 1964; citados por López *et al.*, 2006). Por otra parte, el músculo *Longissimus dorsi* al ser un músculo

blanco presenta valores menores de pH, lo cual según Graziotti *et al.* (2000) citado por Algorañaz (2007), se debe a que mientras mayor es el porcentaje de fibras anaeróbicas blancas, mayor es la producción de ácido láctico proveniente del metabolismo anaeróbico de estas fibras.

En el Anexo 6, observamos que se presentaron diferencias significativas ($p < 0.05$) al comparar el pH a las 24 horas del *Longissimus dorsi* entre los tratamientos Este comportamiento del pH podría explicarse debido a que se presentó mayor generación de stress bajo las mismas condiciones. Silva *et al.* (1999); Oliván *et al.* (2003); Hambrecht (2004); Monsón *et al.* (2004); Önenç y Kaya (2004); citados por Ramos (2008); mencionan que existen parámetros como el sexo, la edad y el peso al sacrificio que no tienen efecto sobre el pH final de la carne, mientras que la raza, el sistema de aturdimiento y el tiempo de maduración de la carne sí parecen influir en los valores finales del pH. Asimismo, Sanz *et al.* (1996) citados por Cañeque y Sañudo (2005), nos dicen que la depleción de glucógeno muscular dependerá en gran medida de todos aquellos factores que causan estrés físico y fisiológico a los animales, entre los que se debe citar: el ruido, los movimientos bruscos, los olores nuevos, la privación de agua y alimento, las temperaturas extremas, las instalaciones inadecuadas, los tiempos prolongados de espera, la ruptura de grupos sociales establecidos y la reagrupación de animales de distinta procedencia.

Después de que se alcanza el valor más bajo, el pH empieza a subir nuevamente de manera lenta pero continua, hasta llegar a un valor de 6.5, que indica que la carne ya está empezando a descomponerse (Algorañaz, 2007). Eguinoa *et al.* (2006) también concuerda que cuando el pH final es alto (6.2 a 6.3), las proliferaciones bacterianas se favorecen. Aberle *et al.* (2001) agrega que el pH de la carne de cerdo disminuye por la conversión del glucógeno a ácido láctico después del sacrificio y luego aumenta cuando la carne entra a rigidez cadavérica, disminuyendo lentamente a medida que la carne es ablandada por acción proteolítica de catepsinas y calpainas.

El pH ideal de la carne de cerdo oscila entre 5.8 y 6.3 (Algorañaz, 2007). Por su parte, Eguinoa *et al.* (2006); Sland (2002) y Alarcón *et al.* (2005), citados por López *et al.* (2006) consideran que las medias de pH final para identificarse como una carne normal, están en el rango de 5.4 a 5.8. Mientras que, Xiangli *et al.* (2013) considera que los niveles óptimos

de pH para la carne de cerdo, están en el rango de 5.6-5.9. De acuerdo a estos autores, los valores encontrados en los tratamientos, se encuentran dentro del rango óptimo de pH para carne de cerdo.

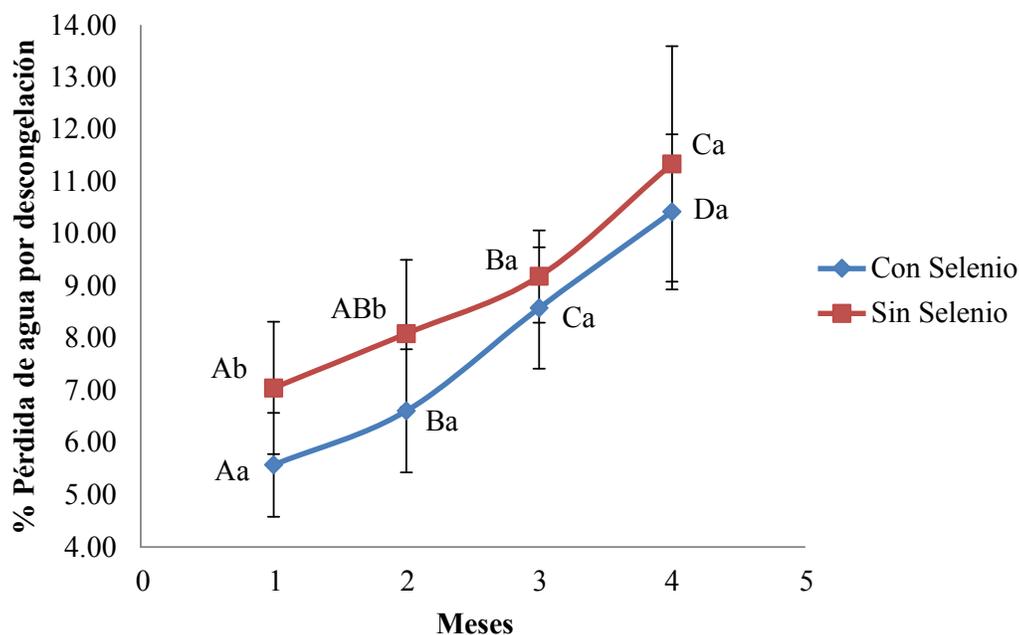
La evolución del pH *post mortem* influye considerablemente en el color de la carne ya que afecta la estructura de la superficie de la carne y la proporción de luz incidente reflejada. Si el pH es elevado la red proteica se deja penetrar profundamente por los rayos de luz y absorbe una parte importante de ellos lo que se traduce en un color oscuro (Eguinoa *et al.*, 2006). Lawrie (1985); citado por Van (2000), indica que el color de la carne de cerdo puede ser fuertemente influenciado por el pH y el proceso de enfriamiento de la carne. La oxigenación de la molécula oximioglobina y el efecto del pH en las proteínas de la carne dan como resultado un color más oscuro, mientras que una caída rápida del pH de la carne hace que la mioglobina se oxide a metmioglobina dando una apariencia más pálida a la carne de cerdo.

Otra influencia del pH es la mencionada por Peinado *et al.* (2009), quién menciona la existencia de relaciones entre el pH final y el porcentaje de fibras oxidativas. Él determinó que el pH final está más relacionado con la capacidad oxidativa y el área de las fibras oxidativas lentas, siendo más variable en los músculos con una mayor capacidad oxidativa.

3.2.2. PÉRDIDA DE AGUA POR DESCONGELACIÓN

Un método para aumentar la vida útil de la carne es congelando, en gran medida se inhibe el crecimiento de microorganismos. Casi todos los procesos biológicos se detienen; sólo procede la oxidación grasa. Vía expansión del agua y la formación de cristales de hielo, se destruyen las membranas celulares y se produce una pérdida de agua celular (Durek *et al.*, 2012). Es por eso que un aspecto muy importante en la industria de la carne, especialmente desde un punto de vista financiero, es la pérdida de agua después de la descongelación (Gambuteanu *et al.*, 2013), debido a que esta es vendida por peso y la cantidad de agua que se pierde durante su almacenamiento afecta el rendimiento (Roseiro *et al.*, 1994; Joo *et al.*, 1995 y Warriss, 2000; citados por Ramos, 2005). Esta es la razón por la cual se deben identificar los factores que influyen en la pérdida de agua después de la descongelación (Gambuteanu *et al.*, 2013). En la Figura 16, se observa la influencia que tuvo la

suplementación y el tiempo de almacenamiento en la pérdida de agua por descongelación en el músculo *Longissimus dorsi* de los lomos de cerdo.



A,B,C,D Las letras mayúsculas iguales no presentan diferencias significativas en el tiempo cuando se someten a la prueba de Duncan ($p < 0.05$). ^{a, b} Las letras minúsculas iguales no presentan diferencias significativas por el efecto del tipo de suplementación cuando se someten a la prueba de Duncan ($p < 0.05$).

Figura 16: Porcentaje de pérdida de agua por descongelación en el músculo *Longissimus dorsi* durante el almacenamiento en congelación para los tratamientos.

Tal y como se aprecia en el Anexo 7, se encontraron diferencias significativas en el tiempo de almacenamiento por congelación ($p < 0.05$). En donde se observa que mientras mayor fue el tiempo de almacenamiento en congelación, las pérdidas de agua por descongelación aumentaron. Esto concuerda por lo dicho por Ngapo *et.al.* (1999); citados por Gambuteanu *et al.* (2013) quienes mencionan que la pérdida por agua será menor, proporcionalmente al período más corto de tiempo de almacenamiento. Asimismo se observó que a pesar de las diferencias encontradas entre tratamientos (dieta suplementada con y sin selenio orgánico), solo se encontraron diferencias significativas en los dos primeros meses de almacenamiento ($p < 0.05$). Las pérdidas de agua en las muestras del músculo *Longissimus*

dorsi que tuvieron suplementación de selenio orgánico, y que fueron descongeladas después de un mes de almacenamiento de congelación, se produjeron significativamente más bajos que los observados en las muestras descongeladas que no tuvieron suplementación de selenio orgánico. Las pérdidas de agua aumentaron durante el almacenamiento prolongado de congelación, pero después de cuatro meses, las diferencias entre las muestras con y sin suplementación de selenio orgánico se hicieron menos pronunciadas. Por ejemplo, en el mes 4, el porcentaje de pérdida de agua por descongelación fue de 11.34 por ciento en las dietas sin selenio orgánico, frente a 10.42 por ciento, para las dietas con suplementación. Observándose que la pérdida de agua por descongelación fue mayor en las muestras sin selenio orgánico (Figura 16). Esto demuestra que hay una relación entre el tratamiento (suplementación con selenio orgánico) y el efecto que tiene con el porcentaje de pérdida de agua por descongelación.

En general, la congelación y el almacenamiento en estado congelado motivan la desnaturalización y agregación de las proteínas miofibrilares (Miezeliene *et al.*, 2011); así como la ruptura de células musculares (Rojas, 2011), siendo la desnaturalización proteica responsable de una reducción en la cantidad de agua retenida (Miezeliene *et al.*, 2011). Dado que en la congelación lenta, se forman grandes cristales de hielo (Rojas, 2011), durante la descongelación, estos cristales se transforman en agua, parte de la cual es reabsorbida por las células y parte se pierde como exudados. El exudado contiene aminoácidos, vitaminas hidrosolubles, pigmentos y sales minerales, y la pérdida de valor nutritivo es pequeña (López y Carballo, 1991; citado por Rengifo y Ordoñez, 2010). Las principales consecuencias de estos fenómenos son, por un lado, una mayor liberación de enzimas que actuarán sobre las grasas enranciándolas y, por otro lado, se producirá un descenso en la capacidad de retención de agua, que se manifiesta después de la descongelación por un gran exudado, produciendo pérdida de peso considerable y textura muy reseca (Rojas, 2011; y Aberle *et al.*, 2001).

Actualmente, existe una tendencia hacia una disminución en la pérdida por agua después de la descongelación de la carne cruda alimentados con una dieta que contiene selenio (Mikulski *et al.*, 2009). Asimismo, Mahan y Parret (1996), Mateo *et al.* (2007) y Perić *et al.* (2009); citados por Rincón *et al.*, (2011) afirman que las fuentes orgánicas de selenio son más efectivas para depositarse en los tejidos principalmente en el músculo,

protegiendo a las membranas celulares del daño oxidativo, y evitando así la salida de líquido intracelular.

López *et al.* (2010) nos dice que el goteo del producto descongelado reportado en los productos cárnicos suele variar ampliamente, oscilando entre 1 a 14 por ciento dependiendo de la composición y las condiciones de procesamiento (por ejemplo: temperatura y tiempo de almacenamiento). Como se puede apreciar en el Anexo 6, las pérdidas de goteo durante el descongelamiento para ambos tratamientos (con y sin selenio orgánico) están dentro del rango establecido como normal, llegando como máximo a porcentajes de 10 para la dieta con selenio orgánico y 11 para las dietas sin selenio orgánico.

En el estudio realizado por Alltech (2008) para la raza de cerdos Pietrain en un periodo de 4 meses, no se encontraron diferencias significativas entre una dieta con 0.3 ppm de selenito (selenio inorgánico) y otra con 0.3 ppm de selenio orgánico como Sel-pex, para los resultados de pérdida de agua por descongelación. Sin embargo, si se observó una reducción de la pérdida de agua de 0.73 por ciento entre ambos tratamientos, siendo la muestra con selenio orgánico la que tuvo menos pérdida de deshielo (6.87 por ciento) frente a las muestras de selenio inorgánico (7.60 por ciento). En este estudio se observa que la suplementación con selenio orgánico logra una menor pérdida de goteo en el deshielo (Figura 16), lo cual concuerda con la tendencia mencionada con el autor.

El efecto de fuentes antioxidantes en la dieta también se observa en la investigación de Baker (1997) quien observó una reducción en la pérdida de goteo después de la descongelación en filetes de bagre cuando en su dieta se complementó acetato de α -tocoferol (vitamina E, 100mg/kg). Las pérdidas de humedad exudativa después de la descongelación de los filetes luego del almacenamiento en refrigeración durante 48 horas fue significativamente ($p < 0.05$) mayor en los tratamientos sin antioxidante. Dentro de los tratamientos, la elevada inclusión de acetato de α -tocoferol (vitamina E) en la dieta, resultó en una disminución de la pérdida de humedad, demostrando el efecto protector del antioxidante contra daños por congelación de las membranas de tejido muscular. Después de 96h, las diferencias significativas ($p < 0.05$) en pérdidas exudativas entre los tratamientos fue exclusivamente debido a la concentración de α -tocoferol (vitamina E) en el músculo.

Por lo tanto, los antioxidantes han demostrado ser el factor más importante en el mantenimiento de la estabilidad de la membrana *post mortem*.

Por su parte, Miezeliene *et al.* (2011), reportó que las pérdidas totales de descongelación de los muslos no se vieron afectados por la dieta de pollo. Encontrando valores de 5.38 ± 0.8 por ciento (dieta con 0.15 mg Se + 40 mg vitamina E) y 5.36 ± 0.6 por ciento (dieta con 0.5 mg Se + 40 mg vitamina E). En donde, el efecto de selenio en la alimentación de aves de corral se asocia con su participación en el mantenimiento del sistema antioxidante de las células. Los resultados de este estudio han demostrado que el aumento de la cantidad de selenio (desde 0.15 mg a 0.5 mg.kg^{-1} de alimentación) había tenido sólo efectos menores sobre las propiedades de carne de pollo. Como se sabe la congelación desnatura las proteínas miofibrilares y, como resultado, algunos fluidos celulares se pierden a partir del tejido muscular durante la descongelación. Sin embargo, Choct *et al.* (2004); citado por Miezeliene *et al.* (2011) reportaron que tanto en este estudio como en otros, las aves que recibieron selenio orgánico en sus dietas redujeron las pérdidas por goteo. Esto concuerda con lo dicho anteriormente donde se ve una clara influencia del tipo de alimentación, pero la significancia o no de las investigaciones, varían debido a las distintas dietas proporcionadas.

4.2.3. COLOR

Mantener el color atractivo es de primordial importancia desde que el color es el principal atributo de calidad que usa el consumidor para evaluar la calidad de la carne (Kenedy, Buckley y Kerry, 2004; Luño *et al.*, 2000; Sorheim *et al.*, 1999; Sorheim, Nissen y Nesbakken, 2001; citados por Viana *et al.*, 2005), y además es el factor más importante en la decisión de compra (Mancini y Hunt, 2005).

La carne es un producto muy susceptible de quemarse en el congelador, debido a la importante cantidad de agua que tiene en su interior. Esto favorece un mayor deterioro. Es un alimento que pierde sus moléculas de agua más superficiales, así como a la mioglobina, la molécula responsable de su color rojo. Ésta, ante la falta de agua y oxígeno del medio, provoca una reacción de oxidación en la que la mioglobina se transforma en

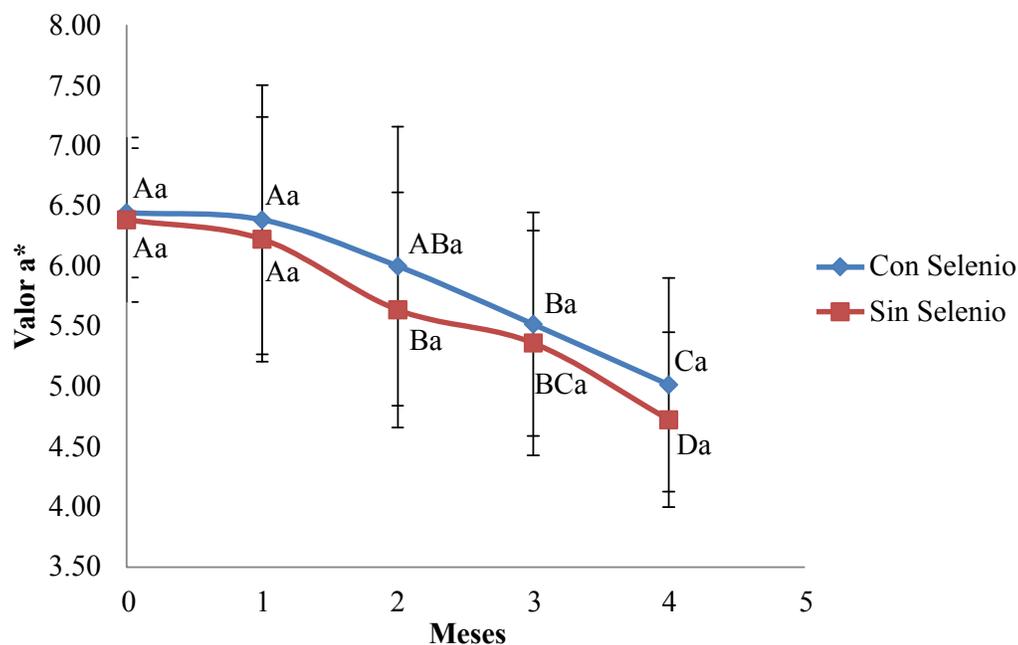
metamioglobina, responsable del color marrón de la carne seca, oxidada. Cuando entra en contacto con el aire frío del congelador, se quema (GimFerrer, 2010).

Es por eso que actualmente se incluyen antioxidante en las dietas de los animales, ya que es una forma de mejorar el color y la estabilidad de la grasa (Ripoll *et al.*, 2011 y Rocha, 2008). Los antioxidantes juegan un papel importante en la industria de la carne como inhibidor de la rancidez oxidativa y mejorador de la estabilidad del color y la vida útil (Aguirrezabal, Mateo y Domínguez, 2000; Barlow, 1990; Nam y Ahn, 2003; citados por Choe *et al.*, 2011). En el Anexo 8, se presentan los valores para el análisis de color en coordenadas CIE-Lab (L^* , a^* , b^* , h° y C^*) para los tratamientos.

a. Cromaticidad: Valor a^* , valor b^* y valor C^*

En el Anexo 8, se muestra los resultados obtenidos de los valores de a^* y b^* medido en el músculo *Longissimus dorsi* (LD) de los lomos de cerdo. Según Warriss (2003) la coordenada a^* mide el rojo-verde, en donde $a^*>0$ es rojo y $a^*<0$ es verde (Vicente, 2005). La coordenada b^* representa la oposición visual amarillo-azul, en donde $b^*>0$ es amarillo y $b^*<0$ es azul (Vicente, 2005). Pérez-Álvarez *et al.* (1998) citados por Hernández (2007) también agregan que la coordenada a^* está relacionada con el contenido de mioglobina, mientras que la coordenada b^* está implicada con los distintos estados de la mioglobina.

Se puede apreciar que los resultados obtenidos para el valor a^* en cuanto al tiempo fue estadísticamente diferente, a partir del mes 2 ($p<0.05$). Observándose que la tendencia de la intensidad del color rojo, fue disminuyendo durante el almacenamiento (Figura 17). Según Aberle *et al.* (2001), la reducción del color rojo en el tiempo se debe a la pérdida de la mioglobina en la purga. Teniendo en cuenta que durante la descongelación en el tiempo, el exudado es mayor, entonces se puede decir que a mayor pérdida de deshielo (es decir mayor pérdida de agua), menor será el valor de a^* , lo cual concuerda con los resultados obtenidos, donde se observa que las muestras que fueron suplementadas con selenio orgánico, perdieron menos agua al descongelar (Figura 16) y tuvieron mejor estabilización del color rojo, mostrando valores de a^* más altos, comparadas con las muestras de la dieta sin suplementación de selenio orgánico.



A,B,C,D Las letras mayúsculas iguales no presentan diferencias significativas en el tiempo cuando se someten a la prueba de Duncan ($p < 0.05$). ^a Las letras minúsculas iguales no presentan diferencias significativas por el efecto del tipo de suplementación cuando se someten a la prueba de Duncan ($p < 0.05$).

Figura 17: Variación del valor a* en el músculo *Longissimus dorsi* durante el almacenamiento en congelación para los tratamientos.

También se puede observar que los tratamientos no presentaron diferencia significativa entre sí ($p < 0.05$) para el valor a* en cuanto a su color, mostrando además similar intensidad de color rojo. Skrivanová *et al.* (2007) tampoco encontró influencias significativas en terneras, que recibieron distintas dietas (una dieta control, sin suplementación de selenio y otra con suplementación de selenio-levadura, 0.5 ppm) y también mostró valores muy similares entre tratamientos. Vignola *et al.* (2009), tampoco encontraron diferencias significativas entre los tratamientos (sin selenio orgánico y con selenio-levadura, es decir selenio orgánico derivado de la *Saccharomyces cerevisiae*) reportando un incremento del valor de a* en la carne de cordero para los que tuvieron la suplementación. Esto demuestra que una suplementación con selenio orgánico ayuda a mantener el color rojo de la carne. En cuanto a los rangos obtenidos de los estudios consultados para los valores medios de a* en la carne de cerdos de razas cárnicas mejoradas han sido 5-10 (Simek *et al.*, 2004; Ruusunen *et al.*, 2007; Latorre *et al.*, 2008;

citados por Ramos, 2008). Los valores reportados en este estudio están dentro del rango normal para la carne de cerdo. Gang *et al.* (2011) también reportó para cerdos alimentados con selenio-levadura (selenio orgánico, 0.3ppm) un valor bastante cercano a los reportados (5.64 ± 0.29). Sin embargo, Peinado *et al.* (2009) encontró un valor de 12.30 ± 5.01 para el Cerdo Chato Murciano, un valor bastante alejado de lo determinado. A esto, Franci *et al.* (2005); Estévez *et al.* (2006); citados por Peinado *et al.* (2009), explican que diversos trCabajos indican de forma general que las razas porcinas tradicionales presentan un color de la carne característicamente más oscuro y rojo que las razas porcinas comerciales (como es el caso de los cerdos utilizados en este análisis). Este color más rojizo de la carne del cerdo, queda puesto de manifiesto y se corresponde con las características que se presentan en la composición de la carne, cantidad de mioglobina, contenido en minerales, presencia de vitaminas, etc. (Peinado *et al.*, 2009).

Por otra parte, el músculo *Longissimus dorsi*, al ser un músculo de soporte, necesita menos energía y tiene menor cantidad de mioglobina, es por esto que presenta una menor intensidad de color rojo (a^*), en comparación al músculo *Semitendinosus* el cual es un músculo de movimiento que necesita más energía y por lo tanto tiene mayor presencia de mioglobina (Algarñaz, 2007). Por su parte, Alarcón *et al.* (2005) menciona que los animales de granjas tecnificadas tienen carne más brillante pero con menor intensidad de color rojo. Lo cual también concuerda con lo dicho anteriormente, ya que la luminosidad encontrada en el músculo fue mayor comparado con lo observado por otros autores (tal y como se aprecia en el Anexo 8).

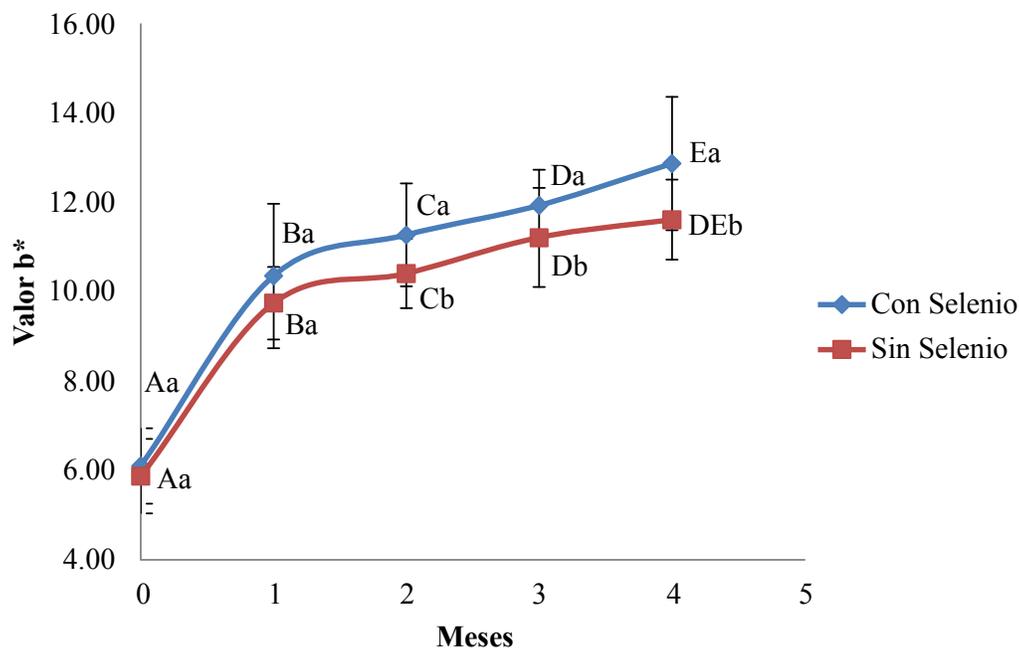
Otro factor que pudo influenciar en los resultados de color respecto a los encontrados en la bibliografía, pudo ser el sistema de explotación. Millet *et al.* (2005) y Poto *et al.* (2007) citados por Ramos (2008), encontraron mayor valor de a^* (color más rojo) en la carne de cerdos criados mediante sistemas extensivos o semiextensivos, con más espacio para moverse, que en la de los criados mediante un sistema intensivo convencional, mientras que Olsson *et al.* (2003) detectó diferencia entre los citados sistemas de cría. Por su parte, Renaudeau y Mourot (2007) no encontraron diferencias entre el color de la carne del cerdo criollo de las Indias Occidentales Francesas y la del cerdo Large-White. En el estudio de Ramos (2008) se observó que la carne del cerdo criollo de Tumbes entraría dentro de los rangos indicados anteriormente para a^* , aunque mostró valores relativamente bajos. El

valor a^* está relacionado con la concentración de pigmentos de la carne y con el pH de la misma, baja concentración de pigmentos y bajo pH hacen que la carne presente un menor valor.

Lawrie (1985); citado por Van (2000), también afirma que el color de la carne de cerdo puede ser fuertemente influenciado por el pH y el proceso de enfriamiento de la carne. La oxigenación de la molécula oximioglobina y el efecto del pH en las proteínas de la carne dan como resultado un color más oscuro, mientras que un pH más bajo de la carne hace que la mioglobina (color rojo púrpura) se oxide a metamioglobina (de color pardo) dando una apariencia más pálida a la carne de cerdo. Es decir, la catalización de la oxidación lipídica se deberá a la mayor oxidación del pigmento (Zanini *et al.*, 2006). Como se puede apreciar en el Anexo 12, quien tuvo mayor oxidación lipídica fueron las muestras sin selenio orgánico, por lo que se podría esperar que estas muestras presentaran mayor oxidación del pigmento, por ende menores valores de a^* (Anexo 8) ya que el pigmento estaría en su forma ya oxidada de metamioglobina (color pardo), eso muestra que la suplementación con selenio orgánico ayuda a mantener mejor el color por su efecto sobre el sistema de mecanismos antioxidantes. Respecto a esto Wang *et al.* (2011) afirman que la suplementación con selenio incrementaría significativamente la actividad de enzimas antioxidantes y las concentraciones de antioxidantes, lo que produce una reducción de los productos de la peroxidación de lípidos en el tejido del músculo, lo cual comprueba lo dicho previamente. En la presente investigación también se observó que los valores obtenidos de pH fueron mayores para el tratamiento con selenio orgánico (Figura 15), esto conlleva a que hubo una menor oxidación de la mioglobina y oximioglobina (color rojo vivo) por lo que los valores de a^* fueron mayores para este tratamiento, disminuyendo la aparición de los defectos en la carne (color marrón). Wang *et al.* (2011) también observó un aumento en el valor de a^* para músculos de pechuga de pollo con suplementación de selenio orgánico. Por lo tanto, se puede suponer que la función de selenio para mejorar la calidad de la carne es mediante el aumento de su capacidad antioxidante para proteger contra las reacciones de deterioro durante la peroxidación lipídica.

En cuanto al valor b^* , se puede observar en el Anexo 8 y Figura 18, que aquellos cerdos que tuvieron en su dieta la suplementación con selenio orgánico, tuvieron mayores valores que los que no tuvieron esa suplementación, siendo significativo el efecto del tratamiento a

partir del mes 2 ($p < 0.05$), eso indica que en los últimos meses los tratamientos no presentaron similar intensidad de color amarillo.



A,B,C,D,E Las letras mayúsculas iguales no presentan diferencias significativas en el tiempo cuando se someten a la prueba de Duncan ($p < 0.05$). ^{a,b} Las letras minúsculas iguales no presentan diferencias significativas por el efecto del tipo de suplementación cuando se someten a la prueba de Duncan ($p < 0.05$).

Figura 18: Variación del valor b* en el músculo *Longissimus dorsi* durante el almacenamiento en congelación para los tratamientos.

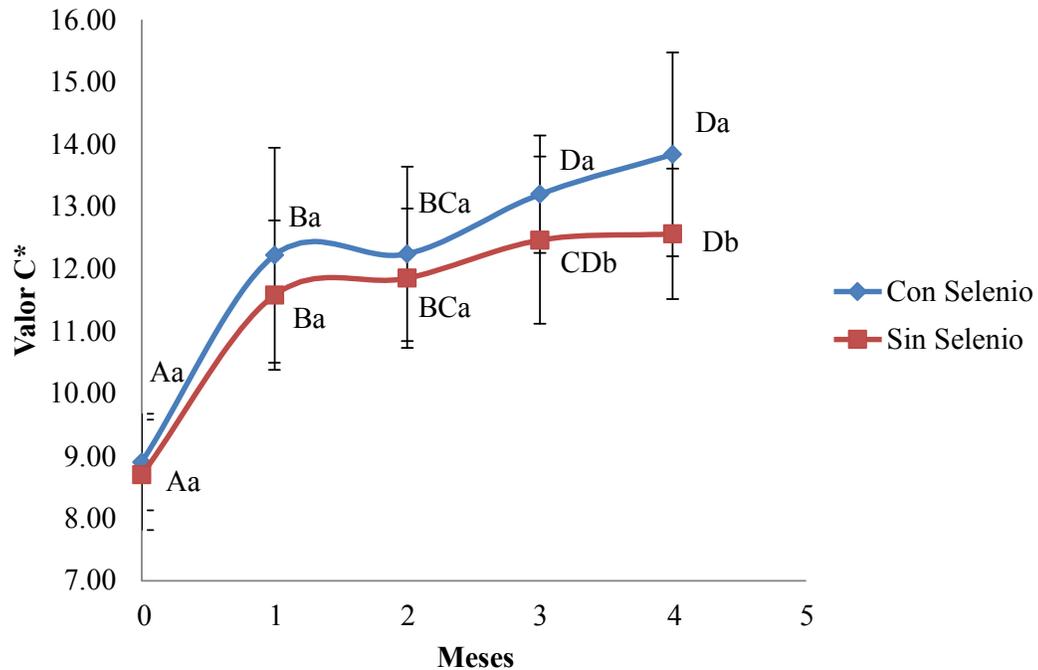
Lo mismo tendencia fue percibido por Skrivanová *et al.* (2007) quién observó que los terneros alimentados con selenio-levadura (0.5 ppm), tuvieron mayores valores de b* (12.0 ± 1.3), comparados con aquellos que no tuvieron suplementación de selenio (11.9 ± 1.5) siendo no significativo. Vignola *et al.* (2009) tampoco encontraron diferencias significativas ($p < 0.05$) en el estudio de corderos alimentados con selenio levadura (0.45 ppm), pero la tendencia en el tiempo del valor b* disminuyó. De igual manera pasó en el estudio de Gang *et al.* (2011), quienes no encontraron efecto entre dietas (sin selenio y con selenio levadura 0.3ppm) de los cerdos y cuyo valor b* fue disminuyendo en el tiempo. Estos resultados inconsistentes pueden deberse a las diferentes fuentes de selenio y a los animales utilizados (Wang *et al.*, 2011).

Los rangos obtenidos de los estudios consultados para los valores medios de b^* en la carne de cerdos de razas cárnicas mejoradas han sido de 4-9 (Hamilton *et al.*, 2003; Simek *et al.*, 2004; citados por Ramos, 2008). En el cerdo Chato Murciano estos valores fueron de 6 (Peinado *et al.*, 2004). Gang *et al.* (2011) reportó para los cerdos alimentados con suplementación de selenio levadura (selenio orgánico, 0.3 ppm) un valor de 6.33 ± 0.27 . Valores más altos fueron reportados por AIDA (2009) que determinó un valor de 9.75 ± 0.07 en cerdos comerciales, y Ramos (2008) quién encontró un valor de b^* de 14.3 ± 1.3 para el cerdo criollo de Tumbes. Lo reportado por estos dos últimos autores y lo determinado en esta investigación, exceden el rango dado para b^* , en comparación de las otras investigaciones, implicando un color más amarillo de la carne. Es posible que esta mayor coloración amarilla tenga algo que ver con el componente graso de la carne, y a su vez, con la alimentación (Ramos, 2008). Asimismo, Alarcón *et al.* (2005) menciona que los animales de granjas tecnificadas (como es el caso de los cerdos provenientes de esta investigación), tienden a tener la carne más amarilla, características que representan una desventaja desde el punto de vista económico para los procesadores y consumidores (López *et al.*, 2006).

La medición de b^* es importante y ayuda a explicar las tendencias del color; cuando la carne es más luminosa también presenta mayor tendencia al amarillo (Anexo 8). Chizzolini *et al.* (1996) y Caldara *et al.* (2012) nos dice que existe una correlación directa entre b^* y L^* con el músculo PSE. En el presente estudio se observó una correlación positiva alta entre los valores de b^* y L^* pero ésta no se puede asociar a la incidencia de PSE, porque estas no son las únicas características que determinan la carne PSE (Alarcón *et al.*, 2005).

Finalmente, el croma (C^*) es el colorido o índice de saturación, el cual permite valorar el color en un área que aparece más o menos coloreada, dando la sensación de colores vivos o apagados (Vicente, 2005). En la Figura 19 se puede apreciar que quien presenta mayor sensación de colores vivos (es decir mayor valor de C^*), son las muestras que tuvieron suplementación de selenio orgánico. Siendo además significativo el efecto del tratamiento ($p < 0.05$) a partir del mes 3. Vicente (2005) también nos dice que el croma se relaciona con los factores *ante-mortem*. La cantidad del pigmento en el músculo (mioglobina), entonces está influido por la raza, sexo, edad, alimento, manejo, etc., y esto determinará la saturación del color. Como se observó, los valores de cromaticidad fueron mayores en los

lomos de cerdos que fueron suplementados con selenio orgánico. Y teniendo en cuenta que la raza, sexo, edad y manejo del cerdo no fueron variables en este estudio, entonces estos factores *ante-mortem* no influyeron en los dos tratamientos, por lo que la cromaticidad solo estuvo influenciada por el tipo de alimentación que recibieron los cerdos. Eso quiere decir que el selenio orgánico mejoró significativamente la cromaticidad en el músculo *Longissimus dorsi* de los lomos de cerdo.



^{A,B,C,D} Las letras mayúsculas iguales no presentan diferencias significativas en el tiempo cuando se someten a la prueba de Duncan ($p < 0.05$). ^{a,b} Las letras minúsculas iguales no presentan diferencias significativas por el efecto del tipo de suplementación cuando se someten a la prueba de Duncan ($p < 0.05$).

Figura 19: Variación del valor C* en el músculo *Longissimus dorsi* durante el almacenamiento en congelación para los tratamientos.

Las coordenadas de a^* y b^* se encuentran integradas en el atributo croma (C^*). Por lo que los resultados de los valores de b^* también se estudiarán integradas a la cromaticidad para darnos una visión más sólida del color de la carne. Como se apreció, los valores de a^* (Figura 17) y b^* (Figura 18), lograron una mayor cromaticidad durante el tiempo de almacenamiento en las muestras de lomo de cerdo con suplementación de selenio orgánico,

manteniendo una calidad de carne superior a la del tratamiento sin selenio orgánico.

Respecto a los valores de croma (C^*), AIDA (2009) encontró un valor de 11.37 ± 0.10 en cerdos comerciales. Este valor se acerca a los reportados en el Anexo 8 para las muestras sin suplementación de selenio orgánico. Afianzándose nuevamente el supuesto de que una suplementación con selenio orgánico, logrará estabilizar el color rojo en la carne de cerdo.

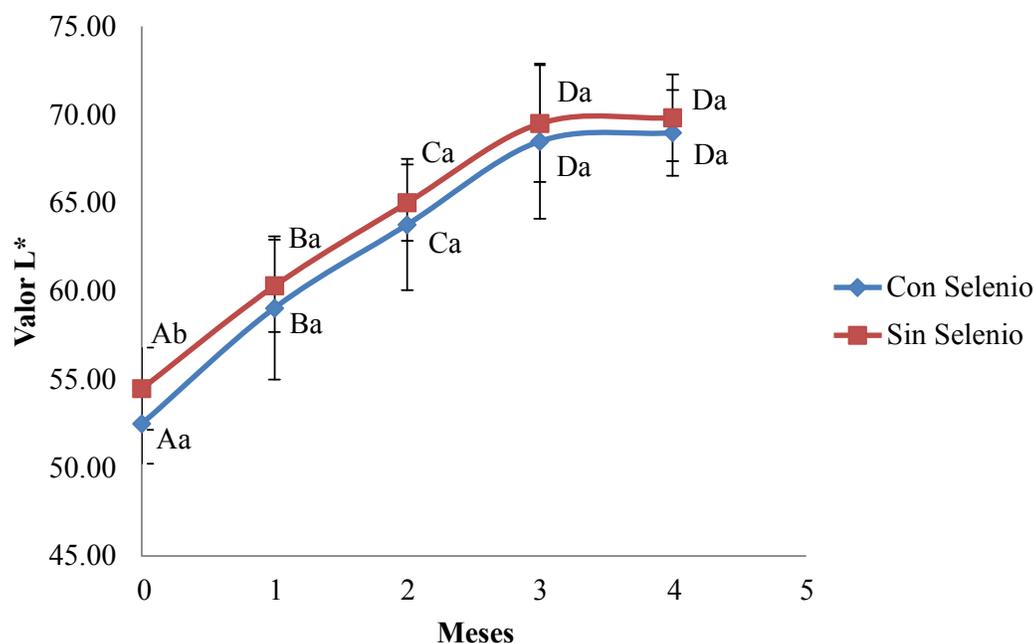
b. Valor L^* y h° (Ángulo de Tono)

El valor L^* es el componente o valor de luminosidad que van del blanco (100) al oscuro (0) y se hallan correlacionadas con el estado físico de la carne, debido al pH final del músculo, la estructura de las fibras musculares y la cinética en la instalación del *rigor mortis* (Vicente, 2005).

En el Anexo 8, se muestra el efecto de la suplementación de selenio en los valores de luminosidad (L^*), medido en el músculo *Longissimus dorsi* (LD) de los lomos de cerdo. Estos valores no presentaron diferencia significativa entre tratamientos en cuanto a la luminosidad ($p < 0.05$), excepto en el mes inicial. Esto concuerda con Ripoll *et al.* (2011) quien no encontró significancia en la dieta de cordero suplementada con selenio; y por Gang *et al.* (2011) quien tampoco reportó significancia ($p < 0.05$) pero cuyos cerdos que fueron alimentados con selenio orgánico (0.3 ppm) también tuvieron mayores valores de L^* . Asimismo se sabe que el valor de color de Minolta (L^*) es producido por la medición de reflexión de la luz sobre la superficie de la carne (Agrocere, 2013). Teniendo en cuenta ésta premisa, Bobcek *et al.* (2004), encontró que los cerdos que fueron alimentados con selenio orgánico (0.3 ppm) tuvieron mayor porcentaje de reflexión (26.10 por ciento), es decir mayor luminosidad, comparado con los que no recibieron selenio (25.06 por ciento). Por otra parte, en la Figura 20, se puede observar que durante el almacenamiento, aumenta la luminosidad de manera significativa ($p < 0.05$).

Ripoll *et al.* (2011) y Vignola *et al.* (2009) también reportan esa tendencia positiva en el tiempo para una dieta con selenio orgánico en corderos. Esto quiere decir que según la escala de L^* dado por el sistema CIELAB la carne suplementada con selenio orgánico es

más oscura y menos pálida, esa tendencia se observa en todos los meses de evaluación (Figura 20).



^{A,B,C,D} Las letras mayúsculas iguales no presentan diferencias significativas en el tiempo cuando se someten a la prueba de Duncan ($p < 0.05$). ^{a,b} Las letras minúsculas iguales no presentan diferencias significativas por el efecto del tipo de suplementación cuando se someten a la prueba de Duncan ($p < 0.05$).

Figura 20: Variación del valor L* en el músculo *Longissimus dorsi* durante el almacenamiento en congelación para los tratamientos.

Mahan, Cline, y Richert (1999); citados por Ripoll *et al.* (2011) determinaron que la suplementación de selenito de sodio en la dieta de los cerdos, da lugar a que los animales tiendan a tener menos pálida la carne del músculo del lomo en comparación con los de la dieta control (sin selenio). Estos resultados están de acuerdo con el presente estudio. Vignola *et al.* (2009), sin embargo, no encontró ningún efecto de varias fuentes de selenio en luminosidad del músculo. Asimismo, Skřivanová *et al.* (2007) no encontró diferencias entre la luminosidad de terneras del control (sin selenio) y aquellas suplementadas con selenio, y con selenio y vitamina E. Posiblemente la falta de efecto del selenio en la luminosidad, sea debido a las dosis bajas empleadas (Ripoll *et al.*, 2011).

Además de eso, Pedauyé *et al.* (1994); citado por Ramos (2008), nos dice que el valor L* parece estar directamente relacionado con el contenido en humedad y en grasa de la carne y también es afectado por el pH de la carne (altos valores de pH ocasionan que la carne sea más oscura y con menor valor de L*). Ésta afirmación concuerda con los valores obtenidos en este estudio, donde se observa que las muestras del tratamiento con selenio que tuvieron menor humedad y grasa, pero mayor pH, tienen menores valores de L*, mientras que los tratamientos sin selenio que tuvieron mayores valores de humedad y grasa, pero menor pH, tienen mayores valores de L*. Asimismo, Alarcón *et al.* (2005) citados por López *et al.* (2006) nos dicen que una carne puede ser caracterizada como DFD (músculo oscuro, firme y seco) solo si cumple con una luminosidad menor a 48 y un pH inicial mayor a 6.4, la media general de luminosidad de los cerdos evaluados está dentro de los parámetros de carne normal ya que ninguno de los tratamientos presentó valores iniciales de pH tan altos, por lo cual no se consideran carne DFD.

Caldara *et al.* (2012), destacan la dificultad para clasificar a la carne de cerdo, teniendo en cuenta solo el factor color, ya que existe una gran variación en la literatura con respecto a los valores de L* considerados para la carne de cerdo normal. Los rangos obtenidos de los estudios consultados para los valores medios de L* en la carne de cerdos de razas cárnicas mejoradas han sido 44-58 (Hamilton *et al.*, 2003; Latorre *et al.*, 2003; Simek *et al.*, 2004; Ruusunen *et al.*, 2007; Rehfeldt *et al.*, 2008; citados por Ramos, 2008). Mientras que los valores para un cerdo autóctono, como el Chato Murciano estos valores fueron de 47 (Peinado *et al.*, 2004). En el caso del cerdo criollo de Tumbes, L* mostró una media de 49.3 con una desviación estándar del 8 por ciento (Ramos, 2008). AMSA (2001) citado por Caldara *et al.* (2012) de valores entre 49 y 60 como estándar de calidad de la carne de cerdo; Gomide y Ramos (2007), citado por Caldara *et al.* (2012) nos dice que los valores de L* de carne normales están entre 45 y 53. Henman (2001) reportó 47.6 en cerdos alimentados con selenio orgánico (0.5 ppm). Según Agrocerec (2013) los valores Minolta (L*) preferidos para cerdos son de 42 a 46.

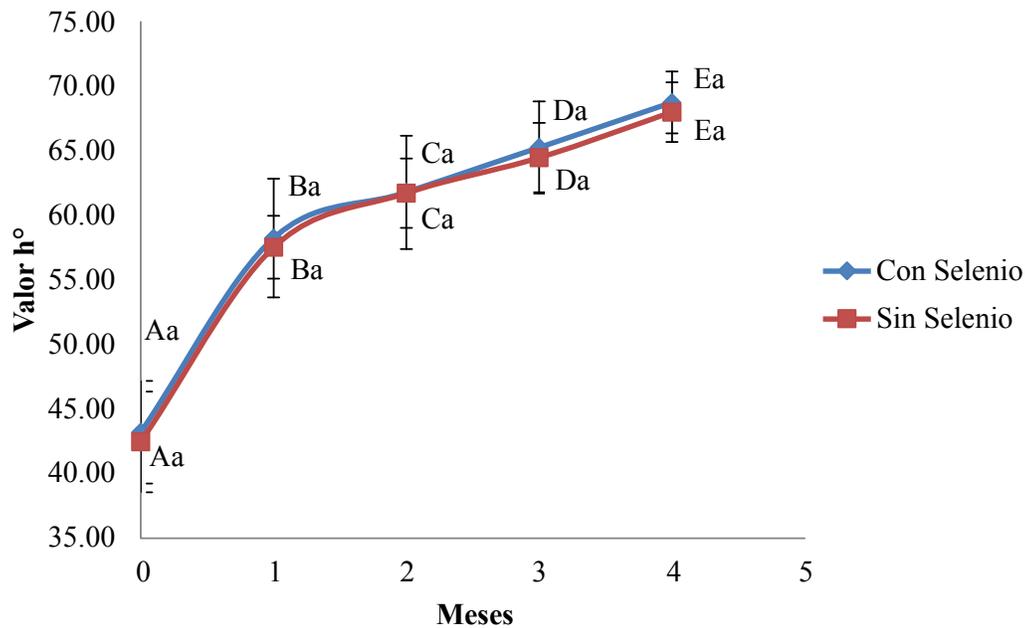
En el presente estudio se determinó que la luminosidad para los tratamientos con y sin selenio orgánico están entre los rangos de 52.49-69.00 y 54.49-69.85, respectivamente; siendo éstos valores mayores a los reportados en la bibliografía, pero más cercanos a los reportados por AMSA, esto podría explicarse a las distintas condiciones de crianza que

tuvieron los cerdos del presente estudio, comparados con los encontrados en la bibliografía. Álvarez y Torres (1998), Gispert *et al.* (1994) y Karlsson *et al.* (1993) citados por Alarcón *et al.* (2005), nos explican que los cerdos de granjas tecnificadas como es este caso, tienen valores de L* más altos, debido posiblemente al mayor uso de razas híbridas, las cuales son seleccionadas por su rápido crecimiento y alta producción de carne magra, pero a la vez, se consideran más susceptibles de desarrollar características del músculo PSE, que se caracteriza por tener mayor cantidad de agua libre en su superficie, reflejando mayor brillantez y dando valores altos de L*, por eso esta variable es uno de los criterios para clasificar la carne PSE (músculo pálido, suave y exudativo).

Ripoll *et al.* (2011), estudiando el efecto del sistema de alimentación en color de la carne y grasa de cordero, concluyó que el ángulo de tono (h°) era un buen indicador de decoloración en la carne. Evaluadores humanos no son capaces de apreciar individualmente las coordenadas L*, a* y b*, pero son capaces de entender el verdadero color (tono) y luminosidad (L*) (Ripoll *et al.*, 2011). Mancini y Hunt (2005) también agregan que los colores representados por b* (azul y amarillo) no son típicos o intuitivamente relacionados con carne, y la evaluación de la b* es difícil para los panelistas (O'Sullivan *et al.*, 2003; citado por Ripoll *et al.*, 2011). Es por eso que es aconsejable definir color en términos de luminosidad, croma y tono (Wyszecki y Styles, 1982; citados por Ripoll *et al.*, 2011). De hecho, Albertí *et al.* (2005) aconsejan que separar el uso de a* b* es una simplificación de la realidad y puede conducir a errores en la interpretación del color.

Como se puede apreciar en el Anexo 8, entre tratamientos (con y sin selenio) no se observan diferencias significativas para el ángulo de tono (h°), observándose bastante similitud entre los valores para ambos tratamientos, con ligera diferencia a favor del tratamiento con selenio orgánico (Figura 21). Rojas y Brewer (2007) tampoco encontraron significancia ($p < 0.05$) para el ángulo de tono en muestras con antioxidantes naturales en comparación con el control (sin antioxidantes). En cuanto al efecto del tiempo de almacenamiento, este si mostró diferencias significativa ($p < 0.05$). En el estudio de Ripoll *et al.* (2011) los valores de tono fueron afectados por el tiempo, mientras que el selenio no tuvo efectos significativos ($p < 0.05$). En el control de tratamiento inicial, los valores de tono fueron 62 y aumentó rápidamente con el tiempo, tal y como lo reporta Jacob *et al.*

(2007); citado por Ripoll (2011). Asimismo, el tratamiento con selenio mostró una evolución similar al control (sin selenio), aunque más suave, mostrando valores significativos de tonalidad menores en 9 días que los del control ($p < 0.05$). En cuanto a los valores de ángulo de tono (h°), AIDA (2009) encontró un valor de 59.03 ± 0.12 en cerdos comerciales. Ripoll *et al.* (2011) dice que el límite de aceptabilidad para h° es de 59, sin embargo, los valores de esta investigación permanecieron por encima de ese límite. Resultados similares fueron encontrados por Albertí *et al.*, (2005) cuando estudiaron la influencia de la vitamina E en la carne. Y en cuanto a la falta de efecto del selenio está de acuerdo con los resultados observados por Vignola *et al.* (2009) en carne de cordero durante 9 días.



^{A,B,C,D,E} Las letras mayúsculas iguales no presentan diferencias significativas en el tiempo cuando se someten a la prueba de Duncan ($p < 0.05$). ^a Las letras minúsculas iguales no presentan diferencias significativas por el efecto del tipo de suplementación cuando se someten a la prueba de Duncan ($p < 0.05$).

Figura 21: Variación del valor h° en el músculo *Longissimus dorsi* durante el almacenamiento en congelación para los tratamientos.

Tal y como se apreció anteriormente con los valores de a^* , James *et al.* (2002), citados por Vignola *et al.* (2009), mencionan que el color de la carne usualmente está correlacionado

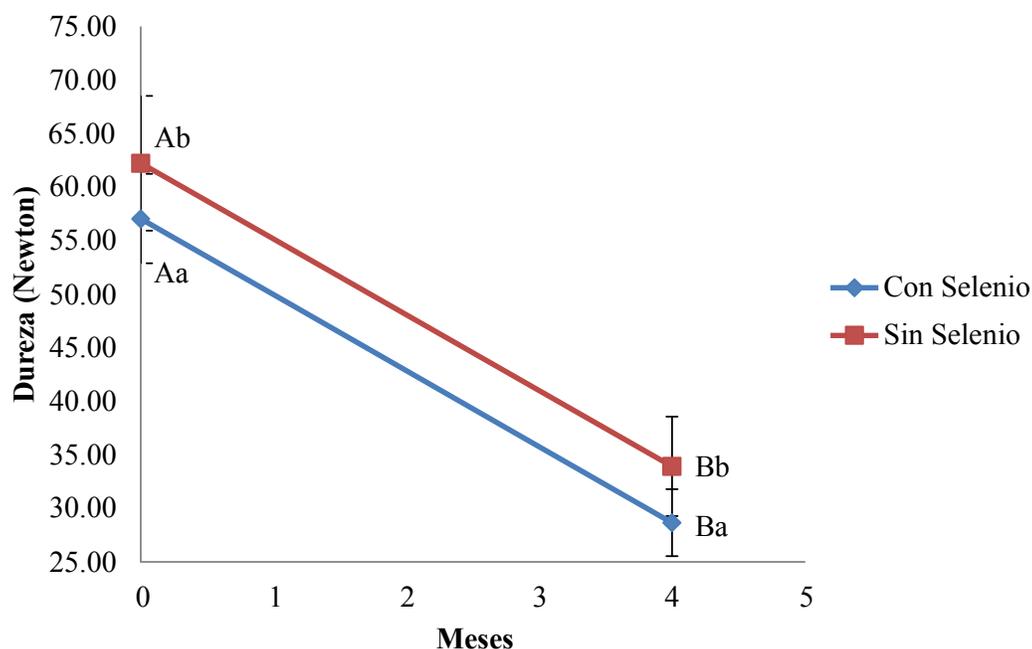
con el pH del músculo o al contenido de mioglobina; y la reducción del rojo en los tejidos musculares, trae como consecuencia el cambio del ángulo, por lo tanto este está directamente relacionada con el nivel de oxidación. Ripoll *et al.* (2011) encontró una correlación de metamioglobina (MetMb, que es la oxidación de la mioglobina u oximioglobina) con el ángulo de tono (h°), dando un valor de 0.72 y con el croma que fue -0.33, lo que indica que el tono es un mejor indicador de la decoloración del músculo que el croma. Estos resultados están de acuerdo con Albertí *et al.* (2005) para la carne. Estos autores recomiendan el uso de h° incluso para determinar la vida útil de la carne, ya que es amplia, objetiva y precisa. Por otra parte, ya se ha demostrado que efecto del selenio en la alimentación se asocia con su participación en el mantenimiento del sistema antioxidante de las células, por lo tanto su suplementación ayudará a la mejor estabilización del color.

4.2.4. DUREZA INSTRUMENTAL

El proceso conocido como “maduración” de la carne, comprende una serie de cambios bioquímicos y estructurales que van transformando la arquitectura muscular y las características de la carne. Estos cambios se deben principalmente a la actuación de enzimas proteolíticas, que participan en la rotura de las proteínas estructurales del tejido muscular y por tanto producen un ablandamiento de la carne conocido como “tenderización” (Oliván *et al.*, 2013). En el presente estudio se utilizó el dispositivo de fuerza de corte *Warner-Bratzler*, según Shackelford *et al.* (1991); citado por Hergenreder (2011), este dispositivo proporciona una evaluación objetiva de la terneza de la carne.

En el Anexo 9, se presentan los resultados de dureza (es decir, la resistencia al corte) para el músculo *Longissimus dorsi* (LD) para ambos tratamientos. Se encontraron diferencias significativas entre tratamientos ($p < 0.05$), observándose que aquellos cerdos que recibieron la dieta sin selenio orgánico tuvieron mayores valores para la propiedad de dureza, que aquellas que tuvieron suplementación con selenio orgánico (Figura 22), entonces se podría decir que la falta de suplementación hace que la carne sea más dura. La misma tendencia observó Rossi *et al.* (2013) quienes encontraron valores de fuerza de corte de 19.90 N para cerdos alimentados con una dieta control (sin suplementación de antioxidantes) y 17.94 N para cerdos con una dieta suplementada con antioxidantes naturales (extracto de plantas), sin embargo no encontró influencia significativa por la dieta. En otras investigaciones como la de Albertí *et al.* (2005) en terneros, tampoco se encontraron diferencias

significativas entre una dieta suplementada con antioxidantes y el control (sin suplementación de antioxidantes).



^{A,B} Las letras mayúsculas iguales no presentan diferencias significativas en el tiempo cuando se someten a la prueba de Duncan ($p < 0.05$). ^{a,b} Las letras minúsculas iguales no presentan diferencias significativas por el efecto del tipo de suplementación cuando se someten a la prueba de Duncan ($p < 0.05$).

Figura 22: Variación de la Dureza en el músculo *Longissimus dorsi* durante el almacenamiento en congelación para los tratamientos.

En cuanto al tiempo de almacenamiento por congelación también se encontraron diferencias significativas ($p < 0.05$) para el músculo LD (Anexo 9). En ambos tratamientos, es decir con y sin selenio orgánico, las muestras analizadas del músculo LD al mes 0 obtuvieron valores significativamente ($p < 0.05$) más altos (57.08 N y 62.26 N, respectivamente) que aquellas analizadas en el mes 4 (28.66 N y 33.93 N, respectivamente). Lo que implica que las muestras de ambos tratamientos en el mes 4 resultaron más tiernas que las del mes 0 (Figura 22), donde aquellas muestras que tuvieron suplementación de selenio orgánico aumentaron su ternura en un 49.79 por ciento, mientras que las muestras sin suplementación solo aumentaron en un 45.50 por ciento. Miezeliene *et al.* (2011) en su análisis para pollos con suplementación con selenio y

vitamina E, también observó que luego de 6 meses de almacenamiento la dureza de la carne disminuía, pero no encontró diferencias significativas ($p < 0.05$).

En otros trabajos con carne de cerdo, que han empleado la misma metodología que en el presente para evaluar la dureza, se han encontrado valores entre los 40 N a 80 N (Mabry y Baas, 2001; Hamilton *et al.*, 2003; Olsson *et al.*, 2003; Lambooij *et al.*, 2004; Swigert *et al.*, 2004; Lloveras *et al.*, 2008; citados por Ramos, 2008). AIDA (2009) por su parte, da un valor de 37.66 N para cerdos comerciales. Mientras que Ramos (2008) reportó 50 N como la fuerza máxima al romper el prisma de carne de cerdo criollo de Tumbes, con una desviación estándar del 30 por ciento. Como se puede observar, los valores reportados en esta investigación están dentro del rango dado. De estos trabajos cabe destacar que las diferencias detectadas en la dureza de las muestras analizadas fueron debidas al genotipo, y tipo de alimentación. Por otra parte, Ramos (2008) señala que el alto contenido en grasa intramuscular sería un factor que contribuiría a una menor dureza. Sin embargo, eso no concuerda con lo encontrado en la presente investigación, donde se observó que las que tuvieron mayor porcentaje de grasa, fueron las muestras sin suplementación de selenio orgánico, pero estas presentaron mayor dureza.

Durante los procesos tecnológicos, como la congelación, descongelación o almacenamiento, se producen cambios que pueden ser observados en la apariencia, propiedades sensoriales o parámetros tecnológicos (Miezeliene *et al.*, 2011). La congelación de la carne afecta a la terneza debido a la rotura de las células de los cristales de hielo (Hiner *et al.*, 1945; citados por Hergenreder, 2011). Sin embargo, Paul y el Niño (1937); citados por Hergenreder (2011) encontraron que la terneza no se vio afectada por la congelación o diferentes temperaturas. Lo mismo encontraron Bou *et al.* (2005), citados por Miezeliene *et al.* (2011), quienes vieron que las puntuaciones de aceptabilidad en un análisis sensorial de la carne de pollo después de 18 meses de almacenamiento en congelación no habían sido afectadas por la dieta con selenio (0.2 ppm como levadura enriquecida con selenio).

Por otra parte, Miezeliene *et al.* (2011) encontraron diferencias significativas durante el almacenamiento al comparar características de textura de muestras almacenadas durante 3 y 6 meses evaluados por análisis sensorial y métodos instrumentales. No se encontraron

diferencias significativas en las propiedades de textura después de 2 y 4 meses de almacenamiento. Pero el método instrumental reveló diferencias significativas en la dureza a pesar de que las diferencias de textura, no habían sido determinadas por los panelistas. Podría estar relacionado con la jugosidad de las muestras (Chen, 2009; citados por Miezieliene *et al.*, 2011). Hiner *et al.* (1945); citados por Hergenreder (2011) encontraron cada vez menos resistencia a la cizalla al disminuir la temperatura hasta congelación, mientras que Shanks *et al.* (2002); citados por Hergenreder (2011) descubrió que los filetes congelados tenían valores de fuerza de corte más bajas (*Warner- Bratzler*) que los filetes frescos. Otro estudio encontró que no hubo un efecto significativo sobre la palatabilidad debido a la congelación (Lee *et al.*, 1950; citados por Hergenreder, 2011).

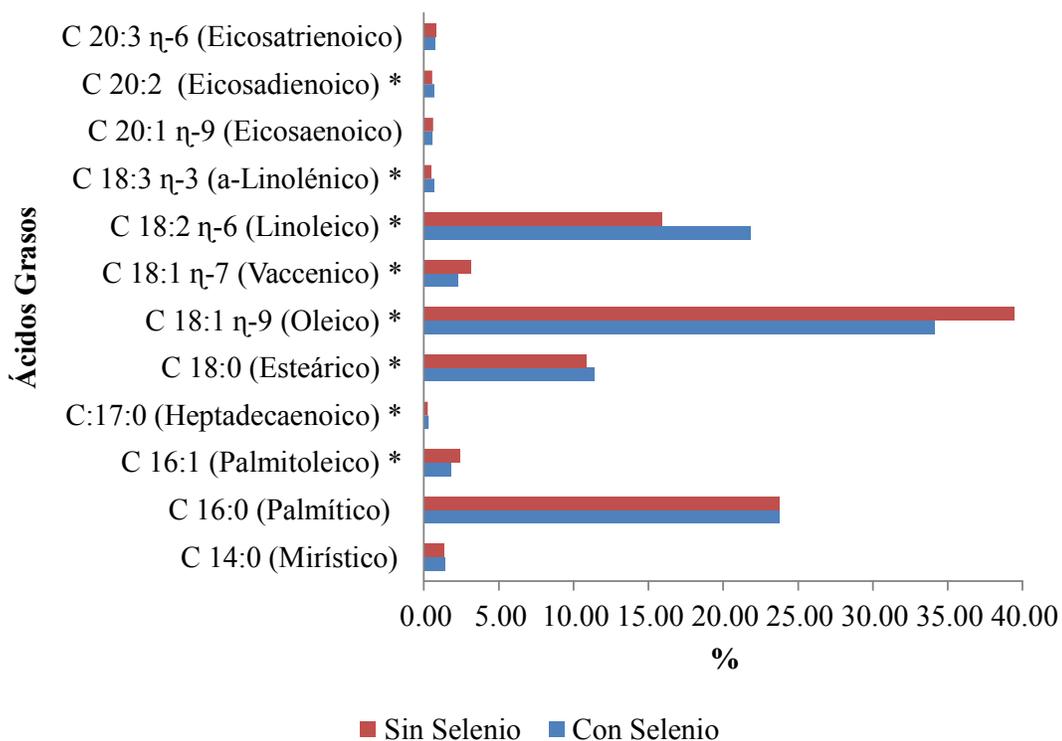
Algunos autores han relacionado el aumento en la dureza durante el almacenamiento de la carne de cerdo fresca a una mayor intensidad en reacciones de oxidación de proteínas, que conduce a la formación de reticulación (donde moléculas adquieren mayor rigidez) y polimerización en proteínas, ya que los movimientos de relajación se encuentran impedidos (Lund *et al.*, 2007; citado por Lara *et al.*, 2011). Además se sabe que tanto los lípidos peroxidantes como sus productos secundarios reaccionan con las proteínas (Hidalgo *et al.* 1992). Entonces se podría esperar que una mayor oxidación lipídica, tenga que una relación positiva con la dureza de la carne. Entonces los resultados para las muestras sin suplementación de selenio orgánico, que mostraron una menor intensidad de la oxidación (Figura 24), estarían de acuerdo con la anterior observación.

4.3. PERFIL LIPÍDICO DE LA CARNE DE CERDO

El Anexo 10 recoge el perfil de ácidos grasos presentes en la grasa subcutánea de los lomos de cerdo (músculo *Longissimus dorsi*) para ambos tratamientos (dieta con y sin selenio orgánico). En la Figura 23, se puede apreciar que el orden sucesivo de los ácidos grasos que se encontraron en mayor porcentaje fue similar entre ambos tratamientos.

Según el orden sucesivo de los ácidos grasos mayoritarios, en primer lugar estuvo el ácido oleico (C18:1 $n-9$), en segundo lugar el ácido palmítico (C16:0), en tercer lugar el ácido linoléico (C18:2 $n-6$) y en cuarto lugar el ácido esteárico (C18:0). El resto de ácidos grasos

se encontraron en niveles inferiores al 3 por ciento para la dieta con selenio orgánico y 3.2 por ciento para la dieta sin selenio orgánico. Para estos ácidos grasos mayoritarios en la grasa subcutánea, los porcentajes de ambos tratamientos fueron en líneas generales similares a los encontrados por Ramos (2008), Botsoglou *et al.* (2012) y Martínez *et al.* (2012). Además, los cuatro ácidos grasos mayoritarios encontrados en el presente estudio y su orden por abundancia (Figura 23) fueron concordantes con los encontrados en grasa de cerdo, por Ramos (2008) y Botsoglou *et al.* (2012). Sin embargo en las investigaciones de Huang *et al.* (2013) sobre carne de cerdo congelado (-18 °C), Peinado *et al.* (2009) sobre el cerdo Chato Murciano (músculo *Longissimus lumbar*) y Cardenia *et al.* (2011) sobre carne de cerdo congelada (-20 °C) y alimentada con dietas suplementadas con vitamina E, en tercer lugar figura el ácido esteárico (C18:0), seguido del ácido linoleico (C18:2).



Los ácidos grasos con asterisco (*) presentan diferencias significativas por el efecto del tipo de suplementación cuando se someten a la prueba de Duncan ($p < 0.05$).

Figura 23: Perfil de ácidos grasos por cromatografía expresados en porcentaje de ácidos grasos totales (peso/peso).

Se observaron diferencias significativas ($p < 0.05$) entre ambos tratamientos para los ácidos palmitoleico (C16:1), heptadecanoico (C17:0), esteárico (C18:0), oleico (C18:1 $n-9$), vaccenico (C18:1 $n-7$), linoleico (C18:2 $n-6$), linolénico (C18:2 $n-3$) y eicosadienoico (C20:2). Sin embargo, Skrivanová *et al.* (2007) encontró que la dieta con selenio orgánico (0.5 ppm) no tiene un efecto en el perfil de ácidos grasos del músculo *Longissimus thoracis et lumborum* en terneros los cuales recibieron una dieta control y una dieta con selenio orgánico. Aún no se han realizado muchas investigaciones que relacione el efecto del selenio orgánico sobre el perfil de ácidos grasos en cerdo. Según Schafer *et al.* (2004) la deficiencia del selenio afecta la concentración de lípidos y la composición de los ácidos grasos en el hígado de ratas.

Los ácidos grasos saturados (AGS) en los tejidos basan su presencia en la dieta y su síntesis en el hígado. La síntesis de los AGS se inhibe en el hígado más durante la digestión de las grasas insaturadas que de las grasas saturadas (Sim y Qi, 1995; citados por Jun *et al.*, 2010). Además, el aumento de ácidos grasos poliinsaturados (AGPI) disminuye la síntesis de ácidos grasos monoinsaturados (AGMI) mediante la inhibición de la actividad del complejo de 9-desaturasa, la cual es la enzima clave necesaria para convertir los AGS (ácidos mirístico, palmítico y esteárico) a AGMI (ácidos miritoleico, palmitoleico y oleico) (Pinchasov y Nir, 1992; citados por Jun *et al.*, 2010). Los AGMI poseen una cadena carbonada par con una doble ligadura o insaturación (Campion, 2013). Entre los más importantes cuantitativamente en la carne son el ácido oleico (C18:1 $n-9$) y el palmitoleico (C16:1) (Ramos, 2008).

Las concentraciones de ácido palmítico (C16: 0) y ácido oleico (C18: 1) en la carne de cerdo que recibieron una dieta con selenio orgánico fueron inferiores comparadas con la muestras sin suplementación. Lo mismo observó Jung *et al.* (2010) en pollos de engorde alimentados con uno por ciento de ácido gálico y linoleico respecto al control. Estos resultados menciona este autor se deben probablemente a la síntesis endógena de estos ácidos grasos en los tejidos de la carne. Cabe destacar el bajo valor de ácido oleico en la grasa de los cerdos con suplementación de selenio orgánico, respecto a los valores del otro tratamiento (Anexo 10), presentando diferencias significativas ($p < 0.05$). En cuanto a los valores reportados por diversos autores, se encontraron porcentajes de ácido oleico de 35.28 ± 0.17 para el músculo *Longissimus dorsi* de los cerdos con una dieta suplementada

con α -tocoferol (Botsoglou *et al.*, 2012), 37.89 ± 4.08 para el cerdo criollo de Tumbes (Ramos, 2008), 39.88 para cerdos con sistema de producción confinada (Campion, 2013) y 47.10 ± 0.91 para el músculo *Longissimus lumbar* de cerdos Chato Murciano (Peinado *et al.*, 2009).

Como se puede apreciar, los valores de este estudio son cercanos al rango citado, además también se observó en otros estudios que el contenido de ácido oleico en dietas con suplementación era menor que en las dietas sin suplementación. Así Cardenia *et al.* (2011) determinaron que la composición del ácido oleico en carne de cerdo congelada ($-20\text{ }^{\circ}\text{C}$) con suplementación de vitamina E, contenía 39.2 por ciento, frente al 41.7 por ciento de las muestras de la dieta control (sin Vitamina E). Martínez *et al.* (2012) reportaron para la dieta con selenio (0.45 ppm) un valor de 12.08 ± 5.78 por ciento, frente al control que contenía 34.00 ± 10.25 por ciento.

Los AGPI por su parte, son necesarios para las funciones vitales y no son sintetizados por los organismos superiores, por lo que son llamados ácidos grasos esenciales (Ramos, 2008). Dentro de los AGPI de la carne tenemos principalmente los ácidos linoleico (C18:2 $n-6$), el linolénico (C18:3 $n-3$) y el araquidónico (C20:4) (Ramos, 2008 y Campion, 2013). Hubo una alta variación entre tratamientos para algunos ácidos grasos importantes, pero esta variación es extremadamente evidente para el ácido linoleico (C18:2 $n-6$). Donde se observaron diferencias significativas ($p < 0.05$) entre tratamientos, presentando mayor valor las muestras provenientes de cerdos que recibieron la dieta con selenio orgánico. Esto concuerda con lo registrado por Martínez *et al.* (2012) quienes reportaron para la dieta con selenio orgánico (0.45 ppm) un valor de 22.46 ± 1.56 por ciento, frente a los 13.03 ± 3.47 por ciento de la dieta control. Al igual que Cardenia *et al.* (2011) quienes determinaron que el contenido de ácido linoleico para carne de cerdo congelada ($-20\text{ }^{\circ}\text{C}$) y suplementada con vitamina E, contenía 9.3 por ciento, mientras que las muestras de la dieta control (sin Vitamina E) tenían 7.5 por ciento.

Wood *et al.* (2003) nos dice que se ha observado que cuando las concentraciones de ácido α -linolénico (18:3 $n-3$) se acercan al 3 por ciento se produce un claro efecto adverso oxidativo en la calidad de la carne. En la presente investigación los valores reportados para ambos tratamientos estuvieron por debajo de ese valor. Además se apreció que el

tratamiento con selenio orgánico tuvo mayor porcentaje de ácido linolénico, presentando diferencias significativas ($p < 0.05$). Sin embargo, Cardenia *et al.* (2011) no encontró diferencias, determinaron un valor de 0.3 por ciento tanto para los tratamientos con y sin suplementación de vitamina E en carne de cerdo congelada ($-20\text{ }^{\circ}\text{C}$). En otras investigaciones se han encontrado porcentajes de 0.27 ± 0.03 para el músculo *Longissimus lumbar* de cerdos Chato Murciano (Peinado *et al.*, 2009), 0.41 para cerdos con sistema de producción confinada (Campion, 2013) y 1.75 ± 2.50 para el cerdo criollo de Tumbes (Ramos, 2008). Como se puede observar los porcentajes para ácido linolénico reportados están dentro de los rangos bibliográficos citados.

Se debe considerar que el perfil de las diferentes investigaciones comparados con este estudio tuvo variaciones según el experimento que se consideró, observándose que el contenido en ácidos grasos de la grasa de los cerdos depende de factores inherentes, como son el tipo genético, el sexo, el peso y edad, el grado de engrasamiento, y de factores externos, como el sistema de producción, donde la composición de alimento consumido juega un rol determinante (Ramos, 2008).

De acuerdo a los tratamientos, el cerdo alimentado con selenio orgánico comparado con una alimentación sin selenio orgánico, tuvo aproximadamente 5 unidades porcentuales menos de ácido oleico, 6 unidades porcentuales más de ácido linoleico y 0.2 de unidad porcentual más de ácido linolénico. Por lo tanto, el perfil de ácidos grasos de ambos tratamientos está asociado al tipo de alimentación recibido. Esto se apoya en lo dicho por Ramos (2008), quien menciona que en el cerdo, el perfil lipídico está relacionado fuertemente con el de la dieta. Siendo especialmente notable con el ácido linoleico y otros AGPI debido a la imposibilidad de los sistemas enzimáticos de los animales superiores de sintetizar ácido linoleico y linolénico (Cava *et al.*, 1999; citados por Ramos, 2008). Es por tanto, esperable una mayor concentración de ácido linoleico en los animales alimentados con dietas ricas en este ácido graso, tal y como se ha observado en el presente estudio. Peinado *et al.* (2009) y Ramos (2008) también nos dicen que la grasa de la dieta se asimila y deposita casi sin sufrir modificación (siendo absorbidos y depositados en los tejidos adiposos), por lo que la dieta influye en el tipo de lípidos existentes en el tejido muscular y graso, los que serán responsables de las características organolépticas (sabor, aroma, ternura, jugosidad, etc.) de la carne y también en su aptitud tecnológica.

Los AGMI y AGPI se consideran ácidos grasos deseables para la salud humana ya que están relacionados con un efecto hipocolesterolémico. Además, los ácidos grasos saturados incrementan la presencia de las LDL (lipoproteínas de baja densidad) en el suero sanguíneo asociadas a la aparición de enfermedades coronarias; los ácidos grasos poliinsaturados reducen los niveles de LDL, mientras que los ácidos grasos monoinsaturados reducen los niveles de LDL y aumentan los HDL (lipoproteínas de alta densidad) no asociadas con la aparición de enfermedades cardiovasculares (Smith, 1993; citado por Ramos, 2008).

En la actualidad se están llevando a cabo estrategias de alimentación de los cerdos con la finalidad de aumentar el contenido de AGPI, ya que se cree reducen el riesgo de arterioesclerosis y enfermedades cardíacas, sin embargo, como efecto colateral, esta alimentación aumenta la blandura de la grasa y su predisposición a la oxidación, en caso de que no se tomen medidas adicionales (Swatland, 1995; citado por Ramos, 2008).

En el Anexo 11 se pueden observar las sumatorias y cocientes de los principales grupos de ácidos grasos. La fracción mayoritaria para ambos tratamientos fue la de los ácidos grasos monoinsaturados (AGMI), seguida de los saturados (AGS), y en tercer lugar los poliinsaturados (AGPI). El mismo orden de fracciones mayoritarias en cerdos fue encontrada por Ramos (2008), Campion (2013), Peinado *et al.* (2009), Botsoglou *et al.* (2012) y Cardenia *et al.* (2011).

Martínez *et al.* (2012) y Ramos (2008) indican que hay una relación entre los niveles de engrasamiento de la canal y los niveles de grasa intramuscular con la distribución en el perfil de ácidos grasos, de manera que al aumentar ese nivel graso, aumenta el nivel de AGS y disminuye el nivel de AGPI. Esto concuerda con lo reportado en este estudio, donde se observa que las muestras provenientes de una dieta sin suplementación de selenio orgánico tuvieron mayor contenido de grasa (Anexo 4) y menor contenido de AGPI (Anexo 11). Por otra parte en diversos estudios se ha detectado el efecto que puede ejercer la composición lipídica de la ración sobre los perfiles de ácidos grasos de los diferentes depósitos grasos (Larick *et al.*, 1992; Morales *et al.*, 2002; citados por Ramos, 2008). En el estudio de Nürnberg *et al.* (1998) se encontró que suplementando la dieta con torta de semilla de colza, rica en AGPI, hasta un 30 por ciento del total de la dieta, los AGPI de la

grasa subcutánea de los cerdos llegaban a incrementarse en un 10 por ciento con respecto a los cerdos control, no suplementados con ese alimento. De esto se puede inferir, que la dieta suplementada con selenio orgánico tuvo gran contenido de AGPI, notándose un incremento del 6.25 por ciento de AGPI en la carne de cerdo, comparado con las muestras provenientes de una dieta sin suplementación.

Los porcentajes de AGS observado en la grasa de cerdo se encuentra próximo al valor medio dentro del amplio rango de valores obtenido de la bibliografía para cerdos, así por ejemplo se han citado porcentajes de 40.12 para cerdos confinados (Campion, 2013), 38 ± 1 para el cerdo Criollo de Tumbes (Ramos, 2008), 38.21 ± 1.96 para el músculo *Longissimus lumbar* del cerdo Chato Murciano (Peinado *et al.*, 2009) y 36.15 ± 0.31 para el músculo *Longissimus dorsi* de cerdos alimentados con una dieta con α -tocoferol (Botsoglou *et al.*, 2012), siendo este el valor más cercano a lo reportado en este estudio. Por su parte Ramos (2008) menciona que los valores de AGS de la grasa subcutánea en los cerdos podrían ser influenciados por el tipo de alimentación. Además algunos autores observaron que el contenido de AGS aumenta en cerdos alimentados con suplementos que ayudan al efecto antioxidante, así Martínez *et al.* (2012) reportaron porcentajes de 49.99 para la dieta sin suplementación y 62.29 para la dieta con selenio orgánico (0.45 ppm) y Cardenia *et al.* (2011) encontraron valores de 41.6 para la dieta sin suplementación y 43.1 para la dieta con suplementación de vitamina E (250 mg/kg dieta). Esto concuerda con lo registrado en este estudio (Anexo 11), donde se observó que los cerdos alimentados con una dieta suplementada con selenio orgánico presentaron mayor contenido de AGS, aunque no fue significativo ($p < 0.05$).

Los porcentajes de AGMI de la grasa de los cerdos también estuvieron dentro de los rangos citados por la bibliografía. Encontrándose porcentajes de 45.23 para cerdos confinados (Campion, 2013), 44 ± 0.08 para el cerdo criollo de Tumbes (Ramos, 2008), 52.53 ± 1.49 para el músculo *Longissimus lumbar* del cerdo Chato Murciano (Peinado *et al.*, 2009) y 37.44 ± 0.36 para el músculo *Longissimus dorsi* de cerdos alimentados con una dieta suplementada con α -tocoferol (200 mg/kg dieta) (Botsoglou *et al.*, 2012). Asimismo se observó en el Anexo 11, que los cerdos alimentados con selenio orgánico tuvieron menor porcentaje de AGMI mostrando diferencias significativas ($p < 0.05$), la misma tendencia y significancia fue observada por Cardenia *et al.* (2011) quienes encontraron

porcentajes de 49.3 para que aquellos cerdos que no tuvieron suplementación y 46.1 para los cerdos que recibieron una dieta con suplementada con vitamina E (250 mg/kg dieta).

Mientras que, por el contrario, el porcentaje de AGPI fue relativamente alto comparado con la bibliografía, quienes reportaron porcentajes de AGPI de 14.62 para cerdos confinados (Campion, 2013), 17 ± 0.01 para el cerdo criollo de Tumbes (Ramos, 2008), 9.26 ± 2.28 para el músculo *Longissimus lumbar* del cerdo Chato Murciano (Peinado *et al.*, 2009) y 26.5 ± 0.32 para el músculo *Longissimus dorsi* de cerdos alimentados con una dieta suplementada con α -tocoferol (200mg/kg dieta) (Botsoglou *et al.*, 2012). Además se observó en el Anexo 11, que los cerdos alimentados con selenio orgánico tuvieron mayor porcentaje de AGPI mostrando diferencias significativas ($p < 0.05$), la misma tendencia fue observada por Cardenia *et al.* (2011) quienes encontraron porcentajes de 9.1 para la dieta sin suplementación y 10.8 para los cerdos que recibieron una dieta suplementada con vitamina E (250 mg/kg dieta).

Los AGPI son sustratos de la oxidación lipídica, en sus dobles enlaces se fija oxígeno comenzando la reacción de oxidación. Por lo tanto, cuanto más presencia de AGPI, mayor susceptibilidad de la oxidación (deterioro del color y enranciamiento) en detrimento de la calidad (López, 1999), aunque una oxidación moderada contribuye a la aparición de compuestos volátiles responsables del aroma deseable de la carne (Rhee *et al.*, 1988, citados por Ramos, 2008). Si se llega a producir una oxidación excesiva aparecerán olores anómalos y coloraciones amarillentas y pérdida del color (Girard, 1988, citado por Ramos, 2008).

De hecho como se puede observar hay muchas diferencias entre el contenido de AGS, AGMI y AGPI reportados en la bibliografía y lo encontrado en el presente estudio, lo cual podría deberse según Cardenia *et al.* (2011) a la diferente alimentación (composición, cantidad y el momento de la administración de suplementos) y a las características porcina (raza, sexo, edad). Por otro lado, la relación de AGPI/AGS para los tratamientos fue de 0.65 ± 0.02 (dieta con selenio orgánico) y 0.49 ± 0.01 (dieta sin selenio orgánico). Ambos valores se encuentran dentro del rango bibliográfico encontrado, donde se observó valores de 0.24 para el músculo *Longissimus lumbar* del cerdo Chato Murciano (Peinado *et al.*, 2009), 0.5 para el cerdo criollo de Tumbes (Ramos, 2008) y 0.73 ± 0.03 para el músculo

Longissimus dorsi de cerdos alimentados con una dieta suplementada con α -tocoferol (200 mg/kg dieta) (Botsoglou *et al.*, 2012). Incluso como se puede apreciar, aquellas dietas que tuvieron suplementación con selenio orgánico presentaron mayores valores significativos ($p < 0.05$) que las dietas sin suplementación, lo cual concuerda por lo reportado por Martínez *et al.* (2012) quienes reportaron porcentajes de AGS/AGPI de 1.06 para la dieta sin suplementación y 1.80 para la dieta con suplementación de selenio orgánico (0.45 ppm). Desde el punto de vista nutricional, el valor del cociente AGPI/AGS en la grasa subcutánea de 0.49 para los cerdos alimentados sin suplementación de selenio orgánico, está muy cerca del 0.45 recomendado (Ramos, 2008), en comparación del valor de aquellas muestras provenientes de una dieta con suplementación.

En cuanto a la relación de omega 6/omega 3 (η -6/ η -3) para los tratamientos estos no fueron significativos ($p < 0.05$), encontrándose valores de 32.78 ± 0.60 (dieta con selenio orgánico) y 34.45 ± 0.40 (dieta sin selenio orgánico). Estos valores fueron muchísimo más altos a los reportado por Campion (2013) quién encontró un cociente de 23.67 en cerdos confinados, mientras que Ramos (2008) registró para el cerdo criollo de Tumbes un valor de 7.5. Por otra parte, se puede observar que aquellos cerdos que recibieron una dieta suplementada con selenio orgánico tuvieron un cociente mayor de η -6/ η -3 que aquellos que no tuvieron suplementación. Esto concuerda con Cardenia *et al.* (2011) quienes reportaron valores más cercanos a los encontrados en este estudio, de 29.9 para la dieta sin suplementación y 30.0 para los cerdos que recibieron una dieta suplementada con vitamina E (250 mg/kg dieta). Simopoulos (1999) citado por Cardenia *et al.* (2011), nos dice que actualmente la relación η -6/ η -3 tiene valores más altos que las correspondientes recomendaciones nutricionales debido a la dieta.

Campion (2013) menciona que el cuerpo humano no puede metabolizar los omega 3 y los omega 6 a la misma vez ya que compiten entre ellos. El exceso de un tipo de grasas inhibe la síntesis del otro tipo. Por otra parte, Campion (2013) también menciona que actualmente se consume mayor cantidad de ácidos grasos omega 6 que los omega 3, siendo la relación de consumo de 10:1 o 20:1, mientras que la Organización Mundial de la Salud recomienda como límites máximos un rango de 4 a 10 (Fernández *et al.*, 2010). Wood *et al.* (2003) mencionan que en el caso de la carne de cerdo es realmente difícil reducir el valor de este ratio, ya que la dieta de los cerdos se compone de cereales con un alto contenido en C18:2

η -6 (ácido linoleico) que produce un elevado ratio de η -6/ η -3. Ésta podría ser la razón por la cual los valores reportados para ambos tratamientos (Anexo 11) están por encima del mínimo recomendado. Este desbalance puede ser responsable de enfermedades cardiovasculares, alteraciones psicológicas como violencia, depresión, hiperactividad, falta de concentración, ansiedad o insomnio (Campion, 2013).

Los ácidos grasos además de ser nutricionalmente importantes, influyen sobre la calidad sensorial de la grasa y de la carne (Ramos, 2008). La concentración de los ácidos C18:0 (esteárico) y C18:2 η -6 (linoleico) es particularmente importante para la consistencia de la grasa (Wood *et al.* 2003). Cuando el C18:2 está en niveles superiores a 15 por ciento en la grasa del tocino, este adquiere una apariencia aceitosa, pudiendo no resultar agradable al consumidor; además una grasa se considera blanda (fácilmente oxidable) si la relación C18:0/C18:2 es menor de 1.5 (Wood, 1984; citado por Ramos, 2008). Así, podríamos pensar en una consistencia blanda y una apariencia aceitosa en la grasa para ambos tratamientos (dietas con y sin selenio), debido a su alto contenido de C18:2 (Anexo 10) y por tener un cociente menor de 1.5 para la relación C18:0/C18:2 (Anexo 11).

4.4. CONTENIDO DE SUSTANCIAS REACTIVAS AL ÁCIDO TIOBARBITÚRICO DE LAS MUESTRAS DE CARNE DE CERDO

La oxidación de lípidos se caracteriza por la formación de dienos conjugados, hidroperóxidos y aldehídos (Kagan, 1988 citado por Huang *et al.*, 2011). Productos aldehídicos de la oxidación de lípidos, especialmente MDA (malondialdehído) pueden estimarse por la reacción con el ácido tiobarbitúrico o TBARS (expresado como mg de MDA por kg de carne) y el valor de TBARS se utiliza habitualmente como un índice de oxidación lipídica en productos cárnicos (Raharjo y Sofos, 1993, citados por Huang *et al.*, 2011).

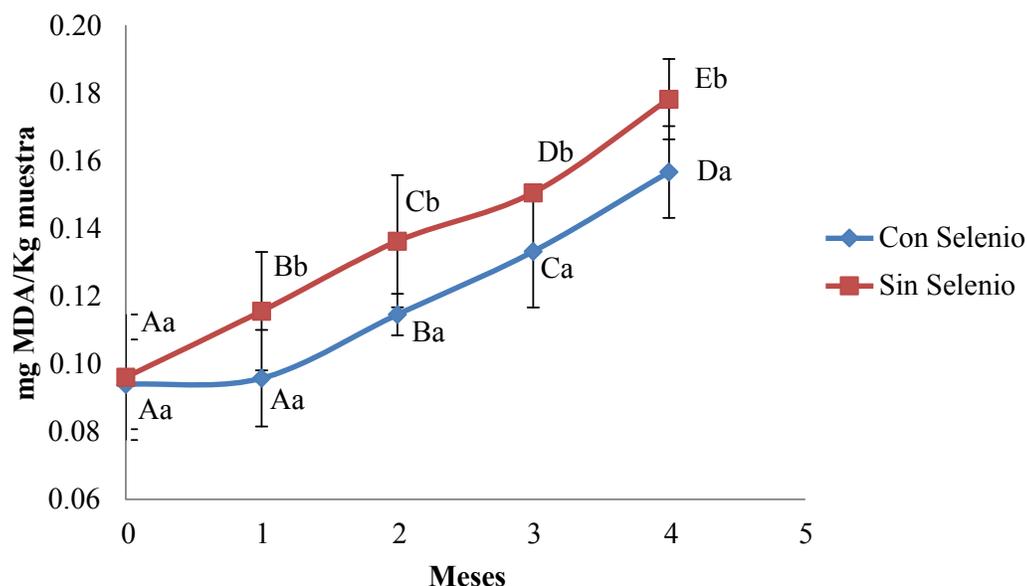
La oxidación de lípidos y los cambios físico-químicos son las principales causas del deterioro en la carne; se trata de cambios en el sabor, textura, color y valor nutritivo, así como la formación de compuestos potencialmente tóxicos (Huang *et al.*, 2013 y Rossi *et al.*, 2013). En condiciones de almacenamiento, las grasas y el contenido de lípidos de los

alimentos pueden sufrir oxidación (Zanini *et al.*, 2006), ya que en ésta condición los procesos de oxidación no se detienen pero si desaceleran. De hecho, algunos radicales lípido-soluble pueden ser incluso más estables en temperaturas más bajas y propagar de igual modo la oxidación (Huang *et al.*, 2013). Esto concuerda con lo hallado en la presente investigación, como se puede apreciar en el Anexo 12, durante el almacenamiento en congelación a -20°C durante 4 meses, las muestras de ambos tratamientos (dietas con y sin selenio orgánico) mostraron mayor contenido de MDA en el tiempo, lo que significa que hubieron más reacciones con el TBA, presentando una evolución lenta y ascendente de la oxidación lipídica durante el almacenamiento, encontrándose además diferencias significativas ($p < 0.05$). Esa tendencia se corrobora por López *et al.* (2010) quienes observaron que los valores de TBA aumentaron en general ($p < 0.05$) en empanadas de carne almacenadas en congelación que habían sido suplementados con aceite de oliva (que tiene antioxidantes como la Vitamina E y los polifenoles); y por lo que menciona Gava (1978) quien nos dice que las reacciones enzimáticas en los alimentos congelados se producen a un ritmo lento pero constante.

En la práctica, la evolución del índice TBARS en la carne del cerdo es muy variable. Aunque algunos factores de variación y sus interacciones no son suficientemente conocidos, existe abundante información que demuestra que la susceptibilidad de los tejidos a sufrir procesos de oxidación depende de la alimentación recibida por los animales, fundamentalmente el tipo de ácido graso y la presencia de agentes antioxidantes en los tejidos (López *et al.*, 1999). Los estudios han demostrado que los antioxidantes mejoran características sensoriales y nutricionales de cerdo (Nuernberg *et al.*, 2002 y Swigert, *et al.*, 2004; citados por Rossi *et al.*, 2013).

Como se puede apreciar, la estabilidad oxidativa expresada en producción de sustancias reactivas con el ácido tiobarbitúrico (TBARS) muestra que el contenido de MDA para las muestras de cerdos alimentados con dietas sin selenio orgánico fue mayor que para las muestras que tuvieron suplementación (Figura 24), presentando diferencias significativas ($p < 0.05$) a partir del primer mes de almacenamiento. Esta tendencia concuerda con Vignola *et al.* (2009) quienes encontraron que las muestras provenientes de corderos alimentados con selenio-levadura (0.45 ppm) tenían menor contenido de MDA y coincidentemente encontró diferencias significativas ($p < 0.05$) a partir del día 9 de

refrigeración. El estudio de Juniper *et al.* (2009) también concuerda con lo encontrado, ellos mencionan que los mayores valores de TBARS, que eran indicativos de una mayor oxidación de los lípidos, se observaron en los músculos *Longissimus thoracis* de corderos que recibieron la dieta control (sin suplementación de selenio), aunque no se establecieron diferencias estadísticas ($p < 0.05$) entre los tratamientos dietéticos a los 10 días de almacenamiento. Como en estos estudios, durante el mes 0 de análisis (a las 24 horas de la muerte el animal) de la presente investigación, no se pudo haber visto diferencias realmente significativas entre tratamientos, ya que como los estudios demuestran en los primeros días de almacenamiento no se presenta una oxidación lipídica significativa y recién se veía el efecto pasadas varias semanas en almacenamiento, en esta investigación las diferencias significativas entre tratamientos recién se mostraron a partir del mes 1.



A,B,C,D,E Las letras mayúsculas iguales no presentan diferencias significativas en el tiempo cuando se someten a la prueba de Duncan ($p < 0.05$). ^{a,b} Las letras minúsculas iguales no presentan diferencias significativas por el efecto del tipo de suplementación cuando se someten a la prueba de Duncan ($p < 0.05$).

Figura 24: Evolución de la oxidación lipídica (mg MDA/ kg de muestra) en las muestras de cerdo (*Longissimus dorsi*).

Zanini *et al.* (2006) nos dicen que la velocidad de oxidación dependerá del nivel de grasa, el perfil de ácidos grasos, y las condiciones de almacenamiento. El MDA se forma

principalmente por la oxidación de los ácidos grasos insaturados, siendo la reacción más intensa cuando aumenta el nivel de insaturación de la grasa. Por lo tanto, cuanto más presencia de ácidos grasos poliinsaturados (AGPI), mayor susceptibilidad de la oxidación (deterioro del color y enranciamiento) en detrimento de la calidad (López *et al.*, 1999). En el Anexo 11, se puede observar que las muestras que recibieron dietas con suplementación de selenio orgánico, presentaron mayor presencia de AGPI, entonces se esperaría que estas presenten mayor contenido de MDA, sin embargo en el Anexo 12 se puede observar lo contrario, haciéndose notorio el efecto del selenio orgánico en esta dieta sobre la estabilidad oxidativa. Lo antes mencionado podría deberse a la posible relación que muchos estudios han encontrado entre el contenido de selenio en el músculo y la actividad de la glutatión peroxidasa (GSH-Px), la cual es atribuida a mejorar la calidad de la carne a través de la mejora de su actividad antioxidante (DeVore y Greene, 1982 y Gatellier *et al.*, 2004; citados por Juniper *et al.*, 2009). Gang *et al.* (2011) además encontró en su estudio, que hay una correlación entre el contenido de TBARS y la actividad de la GSH-Px, lo que apoya la opinión de que la mejora de la estabilidad oxidativa de la carne por selenio se debe al efecto protector de GSH-Px contra el daño oxidativo. Zhan *et al.* (2007) también informaron de que el músculo del lomo de los cerdos que recibieron selenio, independientemente de la fuente, aumentaba la actividad de GSH-Px y disminuía el contenido de MDA.

Como se puede observar en el Anexo 5, quien presenta mayor contenido de selenio son las muestras suplementadas con selenio orgánico, por lo tanto se esperaría que éstas presenten menor contenido de MDA, tal y como se puede observar en el Anexo 12, concordando con lo descrito por estos autores antes mencionados. Sin embargo, algunos estudios como Skrivanová *et al.* (2007) y Juniper *et al.* (2009) han reportado que GSH-Px tiene poco o ningún potencial para mejorar la estabilidad oxidativa de la carne obtenida de vacuno y cordero, respectivamente. Pero si sugieren que, además de GSH-Px, existen otros antioxidantes Se-dependientes potenciales en el músculo. Por su parte, Matte (2007) menciona que además va a depender de las diferentes vías metabólicas que las diferentes fuentes de selenio sigan para su incorporación en la GSH-Px. López *et al.* (1999) y Warriss (2003) nos dicen que cuando el índice de TBA tiene un valor inferior a 0.5 corresponde a carne de una calidad óptima, cuando se aproxima a 1 (o como máximo 1.5) afecta negativamente a la calidad de los productos cárnicos que se produzcan. Y por encima de

1.5 o 2, afecta negativamente a la calidad para el consumo en fresco. Según lo reportando en el presente estudio (Anexo 12), los valores encontrados durante los 4 meses de almacenamiento son inferiores a 0.5 los cuales corresponderían a carnes de calidad óptima.

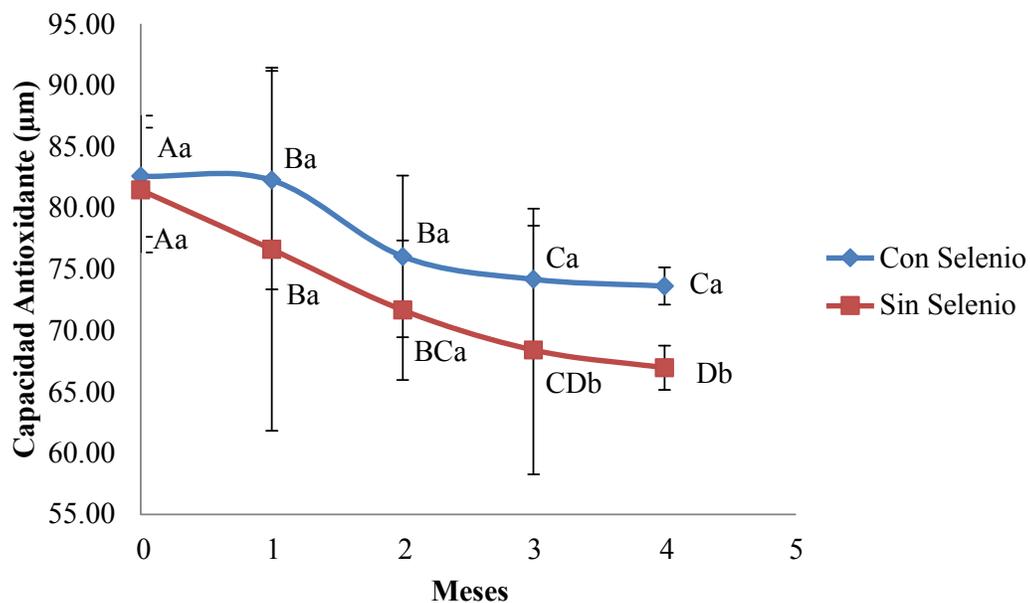
Varios autores han reportado una buena correlación entre los valores de TBARS y el análisis sensorial para detectar la rancidez en los alimentos de origen animal: como la carne de cerdo (Turner *et al.*, 1954). Melton (1983) citado por Samouris *et al.* (2007) informó que los sabores oxidados serían detectables en valores de TBARS de 0.3 a 1.0 en la carne de cerdo o vacuno. Sin embargo, estos rangos de números de TBARS no deben ser considerados como “valores de referencia” en general para umbrales de rancidez en carnes, porque además de las especies animales, los valores de TBARS son influenciados por otros factores tales como el estado de la dieta y la edad de los animales antes al sacrificio, si la carne está cruda o cocida, y los tipos de métodos de TBARS utilizados para el análisis (Fernández *et al.*, 1997). Como en este caso, para ambos tratamientos se mantuvieron las mismas condiciones, la única variable fue el efecto de la suplementación de selenio orgánico, por lo tanto, se podría inferir que con 4 meses de almacenamiento las muestras no presentarían sabores oxidados ya que sus valores de TBARS fueron inferiores a 0.3.

4.5. CAPACIDAD ANTIOXIDANTE POR EL MÉTODO DPPH

Los radicales libres están implicados en muchos trastornos como enfermedades neurodegenerativas, cáncer y SIDA. Los antioxidantes a través de su poder de rescate son útiles para la gestión de estas enfermedades. El método DPPH (que es un radical libre y estable) es una manera fácil, rápida y sensible para estudiar la actividad antioxidante de un compuesto específico (Koleva *et al.*, 2002; citado por Pourmorad *et al.*, 2006).

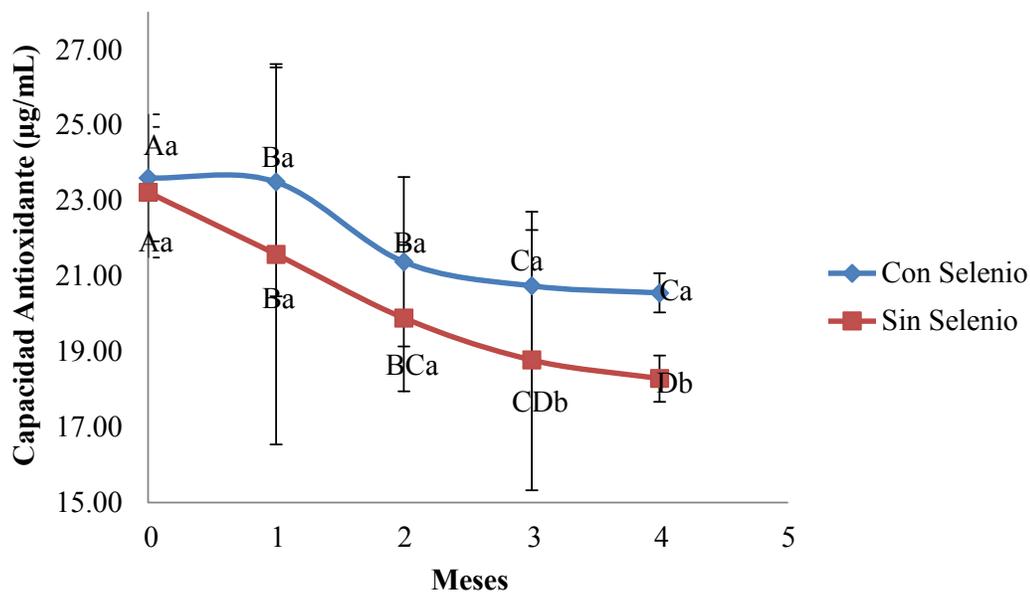
Marchera (2006) también nos dice que el método DPPH muestra la misma estequiometría de reacción con antioxidantes convencionales como el ácido ascórbico (vitamina C) o el Trolox, lo cual permite expresar los resultados de su actividad como equivalentes de dichos estándares, utilizando curvas de respuesta dependientes de concentraciones (curvas estándares), como la curva del Trolox que reporta valores equivalentes de la actividad de Trolox (TEAC) o la curva del ácido ascórbico que reporta valores equivalentes a la

actividad de vitamina C (VCEAC), tal y como se presentan en los Anexos 2 y 3, respectivamente. Respecto al Trolox, Botsoglou *et al.* (2012) nos dice que mientras mayor sea su cantidad (la cual es equivalente a la requerida para el barrido del DPPH), mayor será la capacidad antioxidante de la muestra. Lo mismo sucede con la Vitamina C, mientras mayor es su cantidad captadora, la actividad de barrido de radicales DPPH también aumenta (Jung *et al.*, 2007). En el Anexo 13, se aprecia la capacidad antioxidante equivalente al Trolox (TEAC) y a la vitamina C (VCEAC). En ambos casos se puede observar que las muestras suplementadas con selenio orgánico tuvieron mayor capacidad antioxidante en comparación con las muestras sin suplementación, presentando diferencias significativas ($p < 0.05$) para las muestras sin selenio en todos los meses, mientras que en las muestras con selenio orgánico las diferencias se muestran entre los meses 0-3 y 0-4 (Figura 25 y 26).



^{A,B,C,D} Las letras mayúsculas iguales no presentan diferencias significativas en el tiempo cuando se someten a la prueba de Duncan ($p < 0.05$). ^{a,b} Las letras minúsculas iguales no presentan diferencias significativas por el efecto del tipo de suplementación cuando se someten a la prueba de Duncan ($p < 0.05$).

Figura 25: Capacidad antioxidante equivalente a Trolox (TEAC) de las muestras de carne de cerdos alimentados con y sin selenio orgánico por el método de DPPH durante el almacenamiento en congelación.



A,B,C,D Las letras mayúsculas iguales no presentan diferencias significativas en el tiempo cuando se someten a la prueba de Duncan ($p < 0.05$). ^{a,b} Las letras minúsculas iguales no presentan diferencias significativas por el efecto del tipo de suplementación cuando se someten a la prueba de Duncan ($p < 0.05$).

Figura 26: Capacidad antioxidante equivalente a la vitamina C (VCEAC) de las muestras de carne de cerdos alimentados con y sin selenio orgánico por el método de DPPH durante el almacenamiento en congelación.

También se puede apreciar que las muestras sin suplementación de selenio orgánico, también presentaron cierta capacidad antioxidante. Guillen y Guzman (1998) citados por Huang *et al.* (2011) explican que en muestras no tratadas, este barrido de radicales se ve afectado en el tiempo, tal vez debido a que la oxidación de la carne conduce a la creación de compuestos que eliminan los radicales libres.

En el estudio realizado por Bobcek *et al.* (2004) los resultados muestran que la administración de selenio orgánico (0.3 mg Se/kg administrados por 97 días), mejoraron la capacidad antioxidante de los tejidos musculares de los cerdos. Tang *et al.* (2000) demostraron un aumento de respuesta en la capacidad antioxidante de carne de pollo fresco refrigerado después de la alimentación con catequinas (polifenoles) del té durante 6 semanas. De igual manera Xiao *et al.* (2011) en la evaluación de la capacidad antioxidante,

indicaron que la suplementación de la dieta de pollos con EconomasE[®] (producto que contiene selenio levadura y que además tiene una extensa superposición de las funciones biológicas de la vitamina E y el selenio) mejoró significativamente el estado antioxidante. Esto tiene relación con lo establecido por Deniz *et al.* (2005) quienes determinaron en un estudio realizado en pollos de engorde, que la seleniometionina, forma orgánica del selenio, posee propiedades antioxidantes. Navarro y Cabrera (2008) también relacionan una menor cantidad de selenio con la reducción de la capacidad antioxidante, regulación redox y producción de energía como consecuencia de la sub óptima expresión de una o más enzimas que contienen selenio. Concordando entonces estos autores con lo encontrado en esta investigación. Además se observó que durante los meses de almacenamiento en congelación (Figura 25 y 26), la capacidad antioxidante fue disminuyendo en ambos tratamientos, siendo para las muestras con selenio orgánico significativo en el mes 0 respecto a los meses 1 y 3 ($p < 0.05$). La misma tendencia decreciente en el tiempo fue encontrada por Sánchez *et al.* (2012) quien aplicó antioxidantes fenólicos en carne de cerdo.

Sánchez *et al.* (2012) también determinaron en su estudio la existencia de una correlación negativa entre el DPPH y TBARS, notando que a mayor oxidación lipídica, menor sería su capacidad antioxidante. Eso concuerda con los resultados observados en el presente estudio ya que como se muestra en el Anexo 12, las muestras sin suplementación de selenio orgánico presentaron mayor oxidación lipídica, por lo tanto su capacidad antioxidante fue menor (Anexo 13). Fasseas *et al.* (2007) señalan que el ensayo TBARS es el mejor para describir la oxidación llevada a cabo en muestras de carne porque los lípidos parecen ser los más afectados. Sin embargo el ensayo de DPPH demuestra ser útil en proporcionar información adicional como los cambios que ocurren durante el almacenamiento de la carne, además parece dar una buena medida de la actividad antioxidante total de la carne. En el presente trabajo se midió la capacidad antioxidante, es decir que no solo se midió la acción del selenio sobre la carne de cerdo, sino de otros antioxidantes contenidos en la muestra como por ejemplo la vitamina C, el cual según Hill *et al.* (2009) hay una potencial interacción entre el selenio y los antioxidantes como la vitamina C y E. Por lo que se concluye que al medir la actividad de los antioxidantes indirectamente se mide la actividad antioxidante del selenio.

V. CONCLUSIONES

1. La carne procedente de cerdos alimentados con y sin selenio orgánico presentan similares cantidades de componentes mayoritarios (humedad, grasa, proteínas, cenizas y carbohidratos). Siendo el contenido de grasa de las muestras sin selenio orgánico significativamente mayores ($p < 0.05$).
2. El contenido de selenio en las muestras de carne no se vio influenciada significativamente ($p < 0.05$) por la suplementación de selenio orgánico, a pesar de que estas muestras tuvieron mayores valores que las muestras sin suplementación.
3. La suplementación con selenio orgánico ayuda a la reducción de la pérdida de agua por descongelación, observándose diferencias significativas para los meses 0, 1 y 2 de almacenamiento en congelación.
4. Se observaron diferencias significativas ($p < 0.05$) en el pH a partir del primer mes, siendo los valores de las muestras sin suplementación de selenio orgánico menores respecto a las que recibieron suplementación.
5. El color mejora por la suplementación de selenio orgánico en las dietas de los cerdos, aunque no todos los valores presentaron diferencias significativas ($p < 0.05$). El valor de luminosidad (L^*) disminuye, dando una carne menos pálida, mientras que el valor de a^* y C^* (índice de saturación o croma) se incrementa, lo que indica una menor degradación de la mioglobina en la carne.
6. La dureza de la carne de cerdo decrece a lo largo del almacenamiento en congelación para ambos tratamientos, mostrando un efecto significativo ($p < 0.05$) a favor de las muestras suplementadas de selenio orgánico, las cuales aumentaron su ternura en un 49.79 por ciento, mientras que las muestras sin suplementación solo aumentaron en un 45.50 por ciento.

7. La suplementación con selenio orgánico tiene un efecto sobre el perfil de ácidos grasos, existiendo diferencias significativas ($p < 0.05$) en los ácidos palmitoleico, heptadecanoico, esteárico, oleico, vaccenico, linoleico, linolénico y eicosadienoico, del perfil de ácidos grasos de la grasa intramuscular de la carne.
8. Complementar dietas para cerdos con selenio orgánico ayuda a disminuir la susceptibilidad a la oxidación de la carne de cerdo, lo que se evidencia en un menor grado de oxidación lipídica durante el almacenamiento de la carne de cerdo en congelación.
9. El selenio orgánico contribuye a mejorar la capacidad antioxidante, observándose diferencias significativas ($p < 0.05$) en los meses 3 y 4 de almacenamiento por congelación de las muestras de lomo de cerdo.

VI. RECOMENDACIONES

1. Realizar pruebas a diferentes concentraciones de selenio orgánico para determinar si una mayor concentración de este componente tiene un efecto significativo en las propiedades tecnológicas, estabilidad oxidativa y capacidad antioxidante de la carne de cerdo.
2. Realizar una medida de la actividad de la enzima glutatión peroxidasa para evaluar el efecto del selenio orgánico sobre esta enzima antioxidante.
3. Realizar pruebas sensoriales con un panel entrenado para estudiar el efecto del selenio orgánico en el color y textura de la carne de cerdo.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ABERLE, D; FORREST, J; GERRARD, D; MILLS, E. 2001. Principles of meat science. Ed. rev. Estados Unidos, Kendall Hunt. 426 p.
2. AGROCERES. 2013. Calidad de la carne de cerdo: Entendiendo los procedimientos y las medidas de calidad de carne usada en la industria (en línea). Buenos Aires, PIC. Consultado 01 abr. 2014. Disponible en: http://www.notrilco.com/uploads/files/Calidad_de_la_Carne_de_Cerdo.pdf.
3. AIDA (Asociación Interprofesional para el Desarrollo Agrario, ES). 2009. XXXIX Jornadas de estudio: XIII Jornadas sobre producción animal (en línea). Zaragoza, ES. Consultado 01 abr. 2014. Disponible en: <https://bibliotecadigital.ipb.pt/bitstream/10198/5069/3/XIII-jornadas-prod-an.%201.pdf>.
4. ALARCÓN, A; DUARTE, J; RODRÍGUEZ, F; JANACUA, H. 2005. Incidencia de carne pálida-suave-exudativa (PSE) y oscura-firme-seca (DFD) en cerdos sacrificados en la región del Bajío en México. *Técnica Pecuaria* 43(3): 335-346.
5. ALBERRO, M. 2013. Meta-análisis del efecto de la suplementación con selenio sobre la actividad de la glutatión peroxidasa en distintas especies y tejidos. Tesina Lic. en Bioquímica. Montevideo, UY, Universidad de la República. 48 p.
6. ALBERTÍ, P; RIPOLL, G; CASASÚS, I; BLANCO, M; CHAPULLÉ, J; SANTAMARÍA, J. 2005. Efecto de la inclusión de antioxidantes en dietas de acabado sobre la calidad de la carne de terneros. *Información Técnica Económica Agraria* 101(2): 91-100.
7. ALGARAÑAZ, LA. 2007. Predicción de la purga (exudado) de carne de cerdo (*Sus scrofa domestica*), en bandeja, basada en las características de la canal. Tesis Lic. Ing. Agroindustrial. Tegucigalpa, HN, Zamorano: Escuela Agrícola Panamericana. 33 p.
8. ALLTECH. 2008. Effect of total replacement of selenite by *Sel-Plex*[®] on the technical performance and meat quality of a lean type pig from 60 kg till 115 kg fed 100 ppm Vit E in feed. *Sel-Plex* mar. 2008: 1-4.
9. ARMENTEROS, M; VENTANAS, S; MORCUENDE, D; ESTÉVEZ, M;

- VENTANAS, J. 2012. Empleo de antioxidantes naturales en productos cárnicos (en línea). España, Eurocarne no. 207. Consultado 01 abr. 2014. Disponible en: <http://www.eurocarne.com/boletin/imagenes/20705.pdf>.
10. ATAHUAMPA PIC. 2013a. Hembras comerciales (en línea). Perú. Consultado 10 jul. 2013. Disponible en: http://www.picperu.com/productos_hembras.html
 11. _____. 2013b. Machos comerciales (en línea). Perú. Consultado 10 jul. 2013. Disponible en: http://www.picperu.com/productos_machos.html
 12. AVILA, F. 2011. Uso de antioxidantes naturales para mantener la estabilidad oxidativa de la carne de pollo. Tesis Dr. Ciencias. Montecillo, MX, Colegio de Postgrado de Recursos Genéticos y Productividad Ganadera. 103 p.
 13. BAKER, R. 1997. The effects of dietary α -tocopherol and oxidised lipid on post-thaw drip from catfish muscle. *Animal Feed Science and Technology* 65(4): 35-43.
 14. BAUTISTA, E. 2010. Evaluación de dos fuentes de selenio orgánico para desarrollar leche enriquecida en hatos de bovinos doble propósito. Tesis Mg. Ciencia Animal. Veracruz, MX, Universidad Veracruzana. 96 p.
 15. BEDREGAL, P; MENDOZA, P; UBILLÚS, M; MONTOYA, E. 2009. Informe científico tecnológico 2009: Caracterización química de la cerámica arqueológica de Cotahuasi mediante análisis por activación neutrónica (en línea). Lima, IPEN. Consultado 10 nov. 2013. Disponible en: http://www.ipen.gob.pe/site/publicaciones/inf_cientif/ict2009.pdf
 16. BELLO, J. 2008. Jamón curado, aspectos científicos y tecnológicos: Perspectiva desde la Unión Europea. Ed rev. Madrid, Diaz de Santos. 638 p.
 17. BIANCHI, G; GARIBOTTO, G; FRANCO, J; BALLESTEROS, F; FEED, O; BENTACUR, O. 2005. Calidad de carne ovina: Impacto de decisiones tomadas a lo largo de la cadena (en línea). Montevideo, UY. Consultado 22 jun. 2013. Disponible en: <http://www.fagro.edu.uy/~alimentos/cursos/carne/Unidad%204/articulo%20Bianchi.doc>
 18. BIOTECH. 2008. Nutrición Animal: EconomasE (en línea). Montevideo, UY. Consultado 16 abr. 2013. Disponible en: http://biotech.com.uy/product.php?action=fullview&product_id=EconomasE
 19. BLIGH, E; DYER, W. 1959. A rapid method of total lipid extraction and purification. *Canadian J. of Biochemistry and Physiology* 37(8): 911-917.
 20. BNF (British Nutrition Foundation, UK). 2001. Selenium and health (en línea).

- London. Consultado 10 nov. 2013. Disponible en: http://nutrition.org.uk/attachments/208_Selenium%20and%20health%20summary.pdf
21. BNF (British Nutrition Foundation, UK). 2009. Minerals and trace elements (en línea). London. Consultado 10 nov. 2013. Disponible en: <http://www.nutrition.org.uk/nutritionscience/nutrients/minerals-and-trace-elements?start=13>
 22. BOBCEK, B; LAHUCKY, R; MARAZOVA, J; BOBCEK, R; NOVATNA, K; VASICEK, D. 2004. Effects of dietary organic selenium supplementation on selenium content, antioxidative status of muscles and meat quality of pigs. *Czech J. of Animal Science* 49(9): 411-417.
 23. BOONSUMREJ, S; CHAIWANICHSIRI, S; TANTRATIAN, S; SUZUKI, T; TAKAI, R. 2007. Effects of freezing and thawing on the quality changes of tiger shrimp (*Penaeus monodon*) frozen by air-blast and cryogenic freezing. *Food Engineering* 80(1): 292-299.
 24. BOTSOGLOU, E; GOVARIS, A; AMBROSIADIS, I; FLETOURIS, D. 2012. Lipid and protein oxidation of α -linolenic acid-enriched pork during refrigerated storage as influenced by diet supplementation with olive leaves (*Olea europea* L.) or α -tocopheryl acetate. *Meat Science* 92(4): 525-532.
 25. BRAUN, R; PATTACINI, S. 2011. Calidad de carne porcina: Evaluación de propiedades tecnológicas de la res en cerdos alimentados con sorgo termoprocesado en la región semiárida Pampeana. *Rev. de la Facultad de Agronomía* 22: 5-12.
 26. BUETTNER, G. 1993. The pecking order of free radicals and antioxidants: lipids peroxidation, α -tocopherol, and ascorbate. *Archives of Biochemistry and Biophysics* 300(2): 535-543.
 27. BÜGEL, S; SANDSTROM, B; SKIBSTED, L. 2004. Pork meat: A good source of selenium. *J. Trace Elem. Med. Biol.* 17(4): 307-311.
 28. CADILLO, J. 2008. Producción de porcinos. Ed. rev. Perú, Juan Gutemberg Editores. p. 17, 59-83, 91-109, 235-331.
 29. CALDARA, F; SANTOS, V; SANTIAGO, J; ALMEIDA, I; GARCÍA, R; VARGAS, F; SANTOS, L; NÄÄS, I. 2012. Propriedades físicas e sensoriais da carne suína PSE. *Rev. Bras. Saúde Prod. Anim.* 13(3): 815-824.
 30. CAMPABADAL, C. 2009. Guía técnica para alimentación de cerdos (en línea). Costa Rica. Consultado 13 abr. 2014. Disponible en:

- <http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/a00144.pdf>
31. CAMPION, D. 2013. Calidad de la carne porcina según el sistema de producción. Tesis Ing. Producción Agropecuaria. Argentina, Pontificia Universidad Católica Argentina. 49 p.
 32. CAÑARI, C. 2011. El selenio, un elemento poco conocido con un rol biológico importante. *Rev. de Química PUCP* 25(1): 29-33.
 33. CAÑEQUE, V; SAÑUDO, C. 2005. Estandarización de las metodologías para evaluar la calidad del producto (animal vivo, canal, carne y grasa) en los rumiantes. Madrid, ES, INIA. 448 p.
 34. CARBAJAL, G. 2001. Valor nutricional de la carne de res, cerdo y pollo (en línea). San José, CR, Corporación de Fomento Ganadero. Consultado 30 abr. 2014. Disponible en:
<http://www.corfoga.org/images/public/documentos/pdf/Corfoga2001.pdf>
 35. CARBALLO, B; LÓPEZ DE TORRE, G; MADRID, A. 2001. Tecnología de la carne y de los productos cárnicos. España, AMV. 321 p.
 36. CARDENIA, V; RODRÍGUEZ, M; CURNELLA, F; SARDI, L; DELLA, G; LERCKER, G. 2011. Oxidative stability of pork meat lipids as related to high-oleic sunflower oil and vitamin E diet supplementation and storage conditions. *Meat Science* 88 (2): 271-279.
 37. CASTILLO, I. 2005. Mejoramiento de la vida de anaquel de la carne (en línea). Uruguay, DSM Nutritional Products. Consultado 15 jun. 2013. Disponible en:
<http://www.fagro.edu.uy/~alimentos/cursos/carne/Unidad%205/Vida%20en%20anaquel%20de%20la%20carne.pdf>
 38. CHANNON, H; PAYNE, A; WARNER, R. 2000. Halothane genotype, pre-slaughter handling and stunning method all influence pork quality. *Meat Science* 56(3): 291-299.
 39. CHAVARRÍAS, M. 2013. Conservar los distintos tipos y partes de la carne (en línea). España, Eroski Consumer. Consultado 23 abr. 2014. Disponible en:
<http://www.consumer.es/seguridad-alimentaria/sociedad-y-consumo/2013/07/10/217228.php>
 40. CHIZZOLINI, R; NOVELLI, E; CAMPANINI, G; DAZZI, G; MADARENA, G; ZANARDI, E; PACCHIOLI, M; ROSSI, A. 1996. Lean color of green and matured Parma hams: Comparative evaluation and technological relevance of sensory and objective data. *Meat Science* 44(3): 159-172.

41. CHOE, J; JANG, A; LEE, E; CHOI, J; CHOI, Y; HAN, D; KIM, H; LEE, M; SHIM, S; KIM, C. 2011. Oxidative and color stability of cooked ground pork containing lotus leaf (*Nelumbo nucifera*) and barley leaf (*Hordeum vulgare*) powder during refrigerated storage. *Meat Science* 87(1): 12-18.
42. CHRYSTALL, B. 1994. Quality attributes and their measurement in meat, poultry and fish products. *Advances in Meat Research* 9: 316-336.
43. DE LA OSSA, J; BOTERO, L. 2005. Guía para la cría, manejo y aprovechamiento sostenible de algunas especies animales promisorias y otras domésticas. Bogotá, Convenio Andrés Bello. 115 p. (Serie Ciencia y Tecnología no. 120).
44. DENIZ, G; GEZEN, S; TURKMEN, I. 2005. Effects of two supplemental dietary selenium sources on broiler performance and drip-loss. *Revue De Medicine Veterinaries* 156(8): 423-426.
45. DEVOL, D; MCKEITH, F; BECHTEL, P; NOVAKOFSKI, J; SHANKS, R; CARR, T. 1988. Variation in composition and palatability traits and relationships between muscle characteristics and palatability in a random sample of pork carcasses. *J. of Animal Science* 66: 385-395.
46. DIETRICH, B; KYRIAKOPOULOS, A. 2001. Mammalian selenium-containing proteins. *Annual Review of Nutrition* 21: 453-473.
47. DUREK, J; BOLLING, J; KNORR, D; SCHWÄGELE, F; SCHLÜLER, O. 2012. Effects of different storage conditions on quality related porphyrin fluorescence signatures of pork slices. *Meat Science* 90(1): 252-258.
48. EASTRIDGE, J; BOWKER, B. 2011. Effect of rapid thawing on the meat quality attributes of USDA select beef strip loin steaks. *J. Food Science* 76(2): 156-162.
49. EGUINO, P; LABAIRU, J; GRANADA, A. 2006. Calidad de la canal porcina: Efecto de la genética paterna. *Navarra Agraria* no. 158: 57-64.
50. EROSKI CONSUMER. 2007. La grasa de la carne de cerdo (en línea). España. Consultado 17 abr. 2014. Disponible en: http://www.consumer.es/web/es/alimentacion/aprender_a_comer_bien/alimentos_a_debate/2007/09/24/167164.php
51. EUSSE, J. 2000. La carne de cerdo: Guía práctica para su comercialización (en línea). Medellín, CIAP. Consultado 17 jun. 2013. Disponible en: <http://www.ciap.org.ar/ciap/Sitio/Materiales/Industrializacion/Calidad%20de%20carne/LA%20CARNE%20DE%20CERDO.pdf>
52. FARMER, L. 1994. The role of nutrients in meat flavour formation. *Proceedings of*

- the Nutrition Society 53: 327-333.
53. FASSEAS, M; MOUNTZOURIS, K; TARANTILIS, P; POLISSIOU, M; ZERVAS, G. 2007. Antioxidant activity in meat treated with oregano and sage essential oils. Food Chemistry 106(3): 1188-1194.
 54. FDA (Food and Drug Administration, US). 2011a. Termómetros para refrigeradores: Información acerca de la seguridad de los alimentos (en línea). Estados Unidos. Consultado 23 abr. 2014. Disponible en: <http://www.fda.gov/downloads/food/foodborneillnesscontaminants/ucm254395.pdf>
 55. _____. 2011b. Tabla de almacenamiento en el refrigerador o congelador (en línea). Estados Unidos. Consultado 10 oct. 2012. Disponible en: <http://www.fda.gov/downloads/Food/FoodbornellnessContaminants/UCM148133.pdf>
 56. FENNEMA, O. 2010. Química de los Alimentos. 3 ed. Zaragoza, Acribia. 1130 p.
 57. FERNÁNDEZ, J; PÉREZ-ÁLVAREZ, J; FERNÁNDEZ-LÓPEZ, J. 1997. Thiobarbituric acid test for monitoring lipid oxidation in meat. Food Chemistry 59(3): 345-353.
 58. FSIS (Food Safety and Inspection Service, US). 2003. Inocuidad de la carne de cerdo: desde el criadero hasta la mesa del consumidor (en línea). Washington. Consultado 22 abr. 2014. Disponible en: http://www.fsis.usda.gov/Oa/pubs/pork_sp.htm.
 59. GAVA, A. 1978. Principios de tecnología de alimentos. Sao Paulo, Nobel. 284 p.
 60. GAMBUTEANU, C; BORDA, D; ALEXE, P. 2013. The effect of freezing and thawing on technological properties of meat: Review. J. of Agroalimentary Processes and Technologies 19(1): 88-93.
 61. GANG, J; CHANG, J; ZHAO, H; GEN, X; JIE, X; GAO, G; NING, 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.
 62. GARCÍA, A; DE LOERA, Y; YAGÜE, A; GUEVARA, J; ARTIGA, C. 2012. Alimentación práctica del cerdo. Revista Complutense de Ciencias Veterinarias 6(1): 21-50.
 63. GARDUÑO, A. 2006. Carne de porcino enriquecida con selenio (en línea). México, Alimentaria Online. Consultado 09 oct. 2013. Disponible en: <http://alimentariaonline.com/2006/10/24/carne-de-porcino-enriquecida-con-selenio/>
 64. GENOT, C. 2003. Congelación y calidad de la carne. Trad. D Djenane. Zaragoza,

- Acribia. 112 p.
65. GIMFERRER, N. 2010. Quemaduras en alimentos por bajas temperaturas (en línea). España, Eroski Consumer. Consultado 17 abr. 2014. Disponible en: <http://www.consumer.es/seguridad-alimentaria/ciencia-y-tecnologia/2010/09/06/195553.php>
 66. GIRALDO, J; CHICA, J; NARVÁEZ, W. 2010. Rendimiento zootécnico y depósito muscular de selenio en cerdos alimentados con selenio orgánico en la etapa de finalización. *Revista Vet. Zootec.* 4(2): 48-53.
 67. HALLIWELL, B; GUTTERIDGE, J. 1999. *Free radical in biology and medicine.* 3 ed. Oxford, OUP. 888 p.
 68. HAMBRECHT, E. 2004. Critical pre-and post slaughter factors in relation to pork quality. Tesis Ph.D. Wageningen, Wageningen University. 152 p.
 69. HAMILTON, R. 1999. The chemistry of rancidity in foods. In HAMILTON, R; ALLEN, J. eds. *Rancidity in foods.* Gaithersburg, US, Aspen Publishers. p. 1-21.
 70. HENMAN, D. 2001. Effects of Sel-Plex[®] on carcass quality traits and loin selenium content of pigs. *Alltech Sel-Plex Dec.* 2001: 135.
 71. HERGENREDER, J; HOSCH, J; VARNOLD, K; HAACK, A; SENARATNE, L; POKHAREL, S; BEAUCHAMP, C; LOBAUGH, B; CALKINS, C. 2011. The effects of freezing and thawing rates on tenderness and sensory quality of beef subprimals. *Nebraska Beef Cattle Report* 2011: 127-129.
 72. HERNÁNDEZ, L. 2007. Estudio de la fisiología digestiva, características de la canal y calidad de carne en corderos en crecimiento- finalización con y sin suplementación de selenio y magnesio. Tesis Ph.D. Ciencias Biológicas. Distrito Federal, MX, Universidad Autónoma Metropolitana. 161 p.
 73. HIDALGO, F; ZAMORA, R; GIRÓN, J. 1992. Modificaciones producidas en las proteínas alimentarias por su interacción con lípidos peroxidados III: Consecuencias nutricionales y toxicológicas. *Consejo Superior de Investigaciones Científicas* 43(2): 97-100.
 74. HILL, K; MOTLEY, A; MAY, J; BURK, R. 2009. Combined selenium and vitamin C deficiency causes cell death in guinea pig skeletal muscle. *Nutrition Research* 20(3): 213-219.
 75. HOAC, T; DAUM, CH; TRAFIKOWSKA, U; ZACKRISSON, J; AKESSON, B. 2005. Influence of heat treatment on lipid oxidation and glutathione peroxidase activity in chicken and duck meat. *Innovative Food Science and Emerging*

- Technologies 7(1): 88-93.
76. HONIKEL, K. 1998. Reference methods for the assessment of physical characteristics of meat. *Meat Science* 49(4): 447-457.
 77. HOSSEINI, N; CHEKANI, S; MIZBAN, S; HAMADANI, M; AHADI, F; LOTFI, A. 2010. Influence of replacing inorganic by organic selenium source in ration on performance and carcass characteristics of male broilers. *Global Veterinaria* 4(4): 317-321.
 78. HUANG, B; HE, J; BAN, X; ZENG, H; YAO, X; WANG, Y. 2011. Antioxidant activity of bovine and porcine meat treated with extracts from edible lotus (*Nelumbo nucifera*) rhizome knot and leaf. *Meat Science* 87(1): 46-53.
 79. HUANG, L; YOULING, L; BAOHUA, K; XIANGANG, H; JING, L. 2013. Influence of storage temperature and duration on lipid and protein oxidation and flavour changes in frozen pork dumpling filler. *Meat Science* 95(2): 295-301.
 80. HUERTA, N; ARENAS, L; MORON, O; UZCÁTEGUI, S. 2003. Composición mineral del músculo *Longissimus* crudo derivado de canales bovinas producidas y clasificadas en Venezuela. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición* 53 (1): 96-101.
 81. IBARRA, P. 2010. Determinación del contenido fenólico en extractos naturales mediante sensores enzimáticos. Tesis Dr. Ciencias. Distrito Federal, MX, Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa. 254 p.
 82. INSTITUTE OF MEDICINE, US. 2000. Dietary reference intakes for vitamin C, vitamin E, selenium y carotenoids (en línea). Washington DC, National Academy Press. Consultado 24 set 2013. Disponible en: http://www.nap.edu/openbook.php?record_id=9810&page=R1
 83. ITURBE, F. 2008. Alimentos ricos en lípidos y deterioros (en línea). México, UNAM. Consultado 24 set. 2013. Disponible en: <http://depa.fquim.unam.mx/amyd/docs.php?curso=186>
 84. IZAURIETA, M. 1994. Análisis proximal en harinas de pescado (en línea). Chile, FAO. Consultado 17 abr. 2013. Disponible en: <http://www.fao.org/docrep/field/003/AB482S/AB482S12.htm>
 85. JIAKUI, L; XIAOLONG, W. 2004. Effect of dietary organic versus inorganic selenium in laying hens on the productivity, selenium distribution in egg and

selenium content in blood, liver and kidney. *J. of Trace Elements in Medicine and Biology* 18(1): 65-68.

86. JUNG, P; SHEU, F; TING, W; SHENG, M. 2007. Effect of molecular weight of

75. HOAC, T; DAUM, CH; TRAFIKOWSKA, U; ZACKRISSON, J; AKESSON, B. 2005. Influence of heat treatment on lipid oxidation and glutathione peroxidase activity in chicken and duck meat. *Innovative Food Science and Emerging*

- chitosans on their antioxidative activities in apple juice. *Food Chemistry* 102 (4): 1192-1198.
87. JUNG, S; CHOE, J; KIM, B; YUN, H; KRUK, Z; JO, C. 2010. Effect of dietary mixture of gallic acid and linoleic acid on antioxidative potential quality of breast meat from broilers. *Meat Science* 86(2): 520-526.
 88. JUNIPER, D; PHIPPS, R; RAMOS-MORALES, E; BERTIN, G. 2009. Effects of dietary supplementation with selenium enriched yeast or sodium selenite on selenium tissue distribution and meat quality in lambs. *Animal Feed Science and Technology* 149 (3): 228-239.
 89. KEMPSTER, A. 1989. Carcass and meat quality research to meet market needs. *Animal Production* 48(3): 483-496.
 90. KIM, Y; MAHAN, D. 2001a. Comparative effects of high dietary levels of organic and inorganic selenium toxicity of growing-finishing pigs. *J. Animal Science* 79(4): 942-948.
 91. _____. 2001b. Effect of dietary selenium source, level, and pig hair color on various selenium indices. *J. Animal Science*, 79(4): 949-955.
 92. LADIKOS, D; LOUGOVOIS, V. 1990. Lipid oxidation in muscle foods: A Review. *Food Chemistry* 35(4): 295-314.
 93. LARA, M; GUTIERREZ, J; TIMÓN, M; ANDRÉS, A. 2011. Evaluation of two natural extracts (*Rosmarinus officinalis* L. and *Melissa officinalis* L.) as antioxidants in cooked pork patties packed in MAP. *Meat Science* 88(3): 481-488.
 94. LEYGONIE, C; BRITZ, T; HOFFMAN, L. 2012. Impact of freezing and thawing on the quality of meat: Review. *Meat Science* 91(2): 93-98.
 95. LI, B; SUN, D. 2002. Novel methods for rapid freezing and thawing of foods: A review. *J. of Food Engineering* 54(3): 175-182.
 96. LÓPEZ, C; ISABEL, B; REY, A. 1999. Efecto de la nutrición y del manejo sobre la calidad de la grasa en el cerdo (en línea). Madrid, FEDNA. Consultado 29 abr. 2014. Disponible en: <http://www.acorex.com/ES/pienso/Efectodelanutricionydelmanejosobrelacalidaddelagrasaenelcerdo.pdf>

98. LÓPEZ, I; COFRADES, S; YAKAN, A; SOLAS, M; JIMÉNEZ, F. 2010. Frozen storage characteristics of low-salt and low-fat beef patties as affected by wakame addition and replacing pork backfat with olive oil-in-water emulsion. *Food Research International* 43(5): 1244-1254.
99. LÓPEZ, K; ACOSTA, A; DOMINGUEZ, W. 2006. Caracterización de las canales de cerdo producidas en Zamorano para la planta de industrias cárnicas. Tesis Lic. Ing. Agroindustrial. Zamorano, HN, Escuela Agrícola Panamericana. 16 p.
100. LÓPEZ, R; CASP, A. 2004. Tecnología de mataderos. Madrid, Mundi-Prensa. 430 p.
101. LÓPEZ DE TORRE, G; CARBALLO, B; MADRID, A. 2001. Tecnología de la carne y de los productos cárnicos. Madrid, AMV. 321 p.
102. MABRY, J; BAAS, T. 1998. The impact of Genetics on pork quality: Revised. Des Moines, IA, National Pork Board. Consultado 18 abr. 2014. Disponible en: <http://meatscience.org/WorkArea/DownloadAsset.aspx?id=2659>
103. MAESTRE, R. 2012. Mecanismos implicados en la acción antioxidante de polifenoles naturales en productos de la pesca y acuicultura. Tesis Dr. Química. Galicia, ES, Universidad de Santiago de Compostela. 200 p.
104. MAHAN, D. 2005. Organic selenium fed to swine: Its potential impact on human health issues. *Midwest Swine Nutrition Conference* sep. 2005: 1-5.
105. MANCINI, R; HUNT, M. 2005. Current research in meat color. *Meat Science* 71(1): 100-121.
106. MARCHERA, M. 2006. Influencia del proceso de elaboración de papa seca en los compuestos fenólicos y capacidad antioxidante de la papa morada (*Solanum tuberosum*). Tesis Ing. Industrias Alimentarias. Lima, PE, Universidad Nacional Agraria La Molina. 171 p.
107. MARTÍNEZ, N; DOMÍNGUEZ, A; MORALES, E; LUGO, J; MARIEZCURRENA, M; MARIESCURRENA M. 2012. Efecto de la levadura enriquecida con selenio y selenito de sodio en la dieta de cerdos en finalización sobre el contenido de grasa intramuscular y ácidos grasos. *Tropical and Subtropical Agroecosystems* 15: 41-46.
97. LÓPEZ, G; POTO, A; MEDINA, P; GONZÁLEZ, J; LOBERA, J; MARTÍNEZ, M; PEINADO, B. 2000. La mejor forma de recuperar la raza porcina chata murciano es mejorando la calidad de la carne de otras razas. *Archivos de zootecnia* 49 (185): 195-200.

108. MATEO, J; SALVÁ, B; RAMOS, D; CARO, I; PRIETO, B; GONZÁLEZ, A. 2010. Características de la carne de alpaca y procesamiento de charqui en los Departamentos de Puno y Cusco. Ed. BK Salvá. León, ES, Gráficas Selarayn. 64 p.
109. MATTE, J. 2007. Selenium metabolism, the glutathione peroxidase system and

- their interaction with some B vitamins in pigs. In LYONS, T; JAQUES, K; HOWER, J. eds. Nutritional biotechnology in the Feed and Food Industries Proceedings of Alltechs 23rd Annual Symposium: The new energy crisis: food, feed or fuel. Nottingham, UK, Nottingham University. p. 87-96.
110. MAYORAL, A; DORADO, M; GUILLÉN, M; ROBINA, A; VIVO, J; VÁZQUEZ, C; RUIZ, J. 1999. Development of meat and carcass quality characteristics in Iberian pigs reared outdoors. *Meat Science* 52(3): 315-324.
 111. MEIQING, Z; ZHANG, H; BIN, L. 2001. Los cerdos y los sistemas tradicionales de producción en Sichuan-China. In BENÍTEZ, W; SÁNCHEZ, M. eds. Los cerdos locales en los sistemas tradicionales de producción. Roma, IT, FAO. p. 105-131.
 112. MENDEZ, R; BECERRIL, M; RUBIO, M. 2002. Características de la canal del cerdo pelón mexicano procedente de Mizantla, Veracruz, México. *Veterinaria México* 33(1): 27-37.
 113. MIEZELIENE, A; ALENCIKIENE, G; GRUZAUSKAS, R; BARSTYS, T. 2011. The effect of dietary selenium supplementation on meat quality of broiler chickens. *Base* 15(1): 61-69.
 114. MIKULSKI, D; JANKOWSKI, J; ZDUŃCZYK, Z; WRÓBLEWSKA, M; SARTOWSKA, K; MAJEWSKA, T. 2009. The effect of selenium source on performance, carcass traits, oxidative status of the organism, and meat quality of turkeys. *J. of Animal and Feed Sciences* 18: 518-530
 115. MINAG (Ministerio de Agricultura, PE). 2013. Porcinos (en línea). Perú. Consultado 29 nov. 2013. Disponible en: <http://www.minag.gob.pe/portal/sector-agrario/pecuaria/situacion-de-las-actividades-de-crianza-y-produccion/porcinos?limitstart=0>
 116. _____; ASOPORCI (Asociación Peruana de Porcicultores, PE). 2013. Ministerio de Agricultura y Asociación Peruana de Porcicultores promueven consumo de cerdo (en línea). Perú, MINAG. Consultado 08 oct. 2013. Disponible en: <http://www.minag.gob.pe/portal/notas-de-prensa/notas-de-prensa-2013/9126-porcicultores-promueven-consumo-de-cerdo>
 117. MOELICH, E; HOFFMAN, L; CONRADIE, P. 2003. Sensory and functional meat quality characteristics of pork derived from three halothane genotypes. *Meat Science* 63(3): 333-338.
 118. MORRISEY, P; SHEEHY, P; GALVIN, K; KERRY, J; BUCKLEY, D. 1998. Lipid stability in meat and meat products. *Meat Science* 49 (1): 73-86.

119. MOUROT, J; HERMIER, D. 2001. Lipids in monogastric animal meat. *Reproduction and Nutrition Development* 41(2): 109-118.
120. MRÁZOVÁ, J; BOBÈEK, B; LAGIN, L; HABÁNOVÁ, M. 2008. Physical-chemical and technological properties of meat from pigs given Sel-Plex®. *Alltech Sel-Plex Apr.* 2008: 630.
121. MUÑOZ, A; GARRIDO, M; GRANADOS, M. 1997. Effect of selenium yeast and vitamins E and C on pork meat exudation and natural antioxidants on consumer satisfaction and pork meat quality. In LYONS, T. ed. *Biotechnology in the feed industry*. s.l. 14th Annual Symposium. p. 1-29.
122. MUÑOZ, A; RAMIS, G; PALLARÉS, F; MARTÍNEZ, J. 1998. Efecto de la suplementación con selenio orgánico y vitaminas E y C en dietas de engorde de ganado porcino sobre parámetros productivos y de calidad de la canal y de la carne (en línea). Murcia, Departamento de producción animal. Consultado 18 abr. 2014. Disponible en: <http://revistas.um.es/analesvet/article/viewFile/17821/17301>
123. NAVARRO, G; BRINGAS, A; PACHECO, A. 2004. Nuevas herramientas para el estudio de la oxidación de los ácidos grasos, una de las causas fundamentales en la pérdida de calidad de los alimentos para la acuicultura. In CRUZ, L; RICQUE, D; NIETO, M; VILLARREAL, D; SCHOLZ, U; GONZÁLEZ, M. eds. *Avances en Nutrición Acuícola VII*. Hermosillo, MX, Memorias del VII Simposium International de Nutrición Acuícola. p. 16-19.
124. NAVARRO, M; CABRERA, C. 2008. Selenium in food and the human body: A review. *Science of the Total Environment* 400: 115-141.
125. _____; LÓPEZ, M. 2000. Essentiality of selenium in the human body: relationship with different diseases. *The Science of the Total Environment* 249: 347-371.
126. NRC (National Research Council, US). 1998. *Nutrient Requirements of Swine*. 10 ed. Washington DC, National Academies Press. 210 p.
127. NTP-ISO 1442. 2006. *Carne y productos cárnicos: Determinación del contenido de humedad*. 2 ed. Lima, INDECOPI. 7 p.
128. NTP 201.016. 2002. *Carne y productos cárnicos: Determinación del contenido de*

- grasas total. Lima, INDECOPI. 8 p.
129. NTP 201.021. 2002. Carne y productos cárnicos: Determinación del contenido de proteínas. Lima, INDECOPI. 11 p.
 130. NTP 201.022. 2002. Carne y productos cárnicos: Determinación del contenido de

- quality characteristics of pork derived from three halothane genotypes. *Meat Science* 63(3): 333-338.
118. MORRISEY, P; SHEEHY, P; GALVIN, K; KERRY, J; BUCKLEY, D. 1998. Lipid stability in meat and meat products. *Meat Science* 49 (1): 73-86.

- cenizas. Lima, INDECOPI. 7 p.
131. NTP-ISO 2859-1. 2013. Procedimientos de muestreo para inspección por atributos: Esquemas de muestreo clasificados por límite de calidad aceptable (LCA) para inspección lote por lote. 3 ed. Lima, INDECOPI. 115 p.
 132. NTP-ISO 2917. 2005. Carne y productos cárnicos: Medición de pH. 2 ed. Lima, INDECOPI. 12 p.
 133. NÜRNBERG, K; WEGNER, J; ENDER, K. 1998. Factors influencing fat composition in muscle tissue of farm animals. *Livestock Production Science* 56(2): 145-156.
 134. OLIVÁN, M; SIERRA, V; GARCÍA, P. 2013. Efecto del tiempo de maduración sobre la calidad organoléptica de la carne de vacuno. *Rev. Tecnología Agroalimentaria* 12: 45-52.
 135. OLSSON, V; ANDERSSON, K; HANSSON, I; LUNDSTRÖM, K. 2003. Differences in meat quality between organically and conventionally produced pigs. *Meat Science* 64(3): 287-297.
 136. OLSSON, V; PICKOVA, J. 2005. The influence of production systems on meat quality, with emphasis on pork. *Ambio*, 34: 338-43.
 137. PEINADO, B; ALMELA, L; DUCHI, N; POTO, A. 2009. Parámetros de calidad en la canal y en la carne de cerdo Chato Murciano. *Eurocarne* 173: 64-80.
 138. PEINADO, B; POTO, A; GIL, F; LÓPEZ, G. 2004. Characteristics of the carcass and meat of the Chato Murciano pig. *Livestock Production Science*, 90: 285-292.
 139. PERIC, L; MILOSEVIC, N; ZIKIC, D; DZINIC, N; NOLLET, L; SPRING, P. 2009. Effect of selenium sources on performance and meat characteristics of broiler chickens. *Poultry Science Association* 18: 403-409.
 140. PETTIGREW, J; ESNALOA, M. 2001. Swine nutrition and pork quality: A review. *J. of Animal Science* 79: 316-342.
 141. PIC (Pig Improvement Company, MX) 2012a. Análisis de la industria porcina en Latinoamérica: Manejo de la hembra de Reemplazo (en línea). Consultado 10 jul. 2013. Disponible en: <http://www.pic.com/Images/Users/30/BenchmarkLatamAbril2013.pdf>
 142. _____. 2012b. Mejora Genética (en línea). Puerto Rico. Consultado 10 jul. 2013. Disponible en: <http://www.pic.com/cms/Puerto+Rico/635.html>
 143. _____. 2012c. Never Stop Improving (en línea). España. Consultado 10 de jul.

144. _____. 2012d. Acerca de PIC (en línea). Argentina. Consultado 10 jul. 2013. Disponible en: <http://www.pic.com/cms/Argentina/480.html>
145. _____. 2012e. PIC Camborough 29: máximo crecimiento y rendimiento (en línea). Colombia. Consultado 10 jul. 2013. Disponible en: <http://www.pic.com/Images/Users/30/Camborough29Colombia.pdf>
146. _____. 2012f. Camborough 29: El estándar internacional (en línea). Colombia. Consultado 10 jul. 2013. Disponible en: <http://www.pic.com/cms/Colombia/1342.html>.
147. _____. 2012g. PICBOAR 410: Extraordinario crecimiento magro con excelente canal (en línea). Mexico. Consultado 10 jul. 2013. Disponible en: <http://www.pic.com/Images/Users/30/FolletoPB410Baja.pdf>
148. _____. 2012h. Pig Improvement Company. PICBOAR 410 (en línea). Mexico. Consultado 10 jul. 2013. Disponible en: <http://www.pic.com/cms/Mexico/230.html>
149. PIERCE, J; AO, T; XIAO, R; BRENNAN, K. 2010. Nutrigenomics: Implications for requirements for vitamins and antioxidants (en línea). Nicholasville, Alltech. Consultado 10 jul. 2013. Disponible en: <http://www.thepoultryfederation.com/public/userfiles/files/1-5%20Tue%20-%20James%20Pierce%20-%20Nutrigenomics%20&%20Vitamins.pdf>
150. POKORNY, J; YANISHLIEVA, N; GORDON, M. 2005. Antioxidantes en los alimentos: Aplicaciones prácticas. Trad. JJ Aramayona. Zaragoza, Acribia. 364 p.
151. POHLMAN, F. 2012. Conservando la apariencia fresca de la carne con ingredientes (en línea). Estados Unidos, CarneTec. Consultado 18 mayo 2013. Disponible en: <http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:AJ3MORW27bcJ:www.carnetec.com/Industry/TechnicalArticles/Details/28026+&cd=10&hl=es&ct=clnk&gl=pe>
152. POURMORAD, F; HOSSEINIMEHR, S; SHAHABIMAJD, N. 2006. Antioxidant activity, phenol and flavonoid contents of some selected Iranian medicinal plants. *African J. of Biotechnology* 5(11): 1142-1145.
153. RAMÍREZ, J. 2004. Características bioquímicas del músculo, calidad de la carne y de la grasa de conejos seleccionados por velocidad de crecimiento. Tesis Dr. Barcelona, ES, Universidad Autónoma de Barcelona. 180 p.
154. RAMOS, A. 2005. Efecto del método de congelamiento sobre las características fisicoquímicas y organolépticas de la carne de pechuga de pollo. Tesis Ing. en 2013. Disponible en: <http://www.pic.com/cms/Espa%26%23241%3Ba/655.html>

Tecnología de Alimentos. Mayagüez, Universidad de Puerto Rico. 54 p.

155. 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 Dr. en Ciencia y Tecnología de los Alimentos. León, ES, Universidad de León. 318 p.
156. RANKEN, M. 2003. Manual de Industrias de la Carne. Trad. M Rodríguez; J Madrid. Madrid, Mundi-Prensa. 201 p.
157. RENAUDEAU D; MOUROT J. 2007. A comparison of carcass and meat quality characteristics of Creole and Large White pigs slaughtered at 90 kg BW. *Meat Science* 76(1): 165-171.
158. RENGIFO, L; ORDÓÑEZ, E. 2010. Efecto de la temperatura en la capacidad de retención de agua y pH en carne de res, cerdo, pollo, ovino, conejo y pescado paco. *ECIPerú* 7(2): 77-85.
159. RINCÓN, G; CASTRO, K; NARVÁEZ, W. 2011. Hematología y calidad de la carne de cerdos alimentados con selenio orgánico en la fase de finalización. *Vet. Zootec.* 5(1): 62-68.
160. RIPOLL, G; JOY, M; MUÑOZ, F. 2011. Use of dietary vitamin E and selenium (Se) to increase the shelf life of modified atmosphere packaged light lamb meat. *Meat Science* 87(1): 88-93.
161. ROCHA, A. 2008. El uso de antioxidantes para conservar el color de la carne fresca (en línea). Estados Unidos, CarneTec. Consultado 18 mayo 2013. Disponible en: <http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:OLOn5jO04kcJ:www.carnetec.com/Industry/TechnicalArticles/Details/1689+&cd=1&hl=es&ct=clnk&gl=pe>
162. ROJAS, E. 2011. El pescado congelado: Alta tecnología en producción de productos de pesca-Surimi (en línea). Madrid, Laboratorio de Salud Pública. Consultado 02 mayo 2014. Disponible en: http://www.madridsalud.es/temas/Pescado_Congelado_Surimi.pdf
163. ROJAS, M; BREWER, M. 2007. Effect of natural antioxidants on oxidative stability of cooked, refrigerated beef and pork. *J. of Food Science* 72(4): 282-288.
164. ROSENVOLD, K; ANDERSEN, H. 2003. Factors of significance for pork quality: A review. *Meat Science* 64(3): 219-237.
165. ROSSI, R; PASTORELLI, G; CANNATA, S; TAVANIELLO, S; MAIORANO, G; CORINO, C. 2013. Effect of long term dietary supplementation with plant extract on carcass characteristics meat quality and oxidative stability in pork. *Meat Science* 95 (3): 542-548.
166. SAMOURIS, G; BAMPIDIS, V; SOSSIDOU, E; ZANTOPOULOS, N. 2007. Lipid

- oxidation of raw and cooked turkey breast meat during refrigerated storage. Arch. Geflügelk. 71(1): 41-44.
167. SÁNCHEZ, F; OLIVERO, R; TRIKI, M; SALCEDO, L; GONZÁLEZ, M; COFRADES, S; RUIZ, C; JIMÉNEZ, F; BENEDI, J. 2012. Antioxidant activity of *Hypericum perforatum* L. extract in enriched n-3 PUFA pork meat systems during chilled storage. Food Research International 48(2): 909-915.
168. SÁNCHEZ, G. 1999. Ciencia básica de la carne. Santa Fe de Bogotá, CO, Editorial Guadalupe. p. 229-233.
169. SÁNCHEZ, H. 2010. Evaluación de la capacidad antioxidante, compuestos fenólicos y actividad antimutagénica de los extractos de camu camu (*Mycciaridubia*) y yacón (*Smallanthus sonchifollus*). Tesis Ing. Industrias Alimentarias. Lima, Universidad Nacional Agraria La Molina. 123 p.
170. SANTRICH, D. 2006. Evaluación de la calidad y composición química de la carne de res proveniente de animales de dos grupos de edad en Puerto Rico. Tesis Mg. Ciencias. Mayagüez, PR, Universidad de Puerto Rico. 78 p.
171. SAÑUDO, C; ALBERTÍ, P; OLLETA, J; CAMPO, M; PANEA, B. 1998. Calidad instrumental de la carne de bovino de siete razas españolas. Arch. Zootec. 48: 397-402.
172. SEGOVIA J. 2005. Comparación de dos fuentes de selenio (orgánico vs inorgánico) en ganancias de peso y parámetros ruminales en borregas lactantes. Tesis Mag. Sc. Zootecnia. Chihuahua, MX, Universidad Autónoma de Chihuahua. 75 p.
173. SÉLLIER, P. 1988. Meat quality in pig breeds and cross-breeding. Livestock Production Science 18: 171-186.
174. SENTANDREU, M; COULIS, G; OUALI, A. 2002. Role of muscle endopeptidases and their inhibitors in meat tenderness. Trends in Food Science and Technology 13(12): 400-421.
175. SCHAFER, K; KYRIAKOPOULOS, A; GESSNER, H; GRUNE, T; BEHNE, D. 2004. Effects of selenium deficiency on fatty acid metabolism in rats fed fish oil-enriched diets. J. Trace Elements in medicine and biology 18(1): 89-97.
176. SIERRA, V. 2010. Evolución *post-mortem* de parámetros indicativos de calidad en carne de vacuno: efecto de la raza y el gen de la hipertrofia muscular. Tesis Dr. en Morfología y Biología Celular. Oviedo, ES, Universidad de Oviedo. 203 p.

177. SILVA, J; TOMIC, G; CAVIERES, E; MANSILLA, A; OVIEDO, P. 2005.

166. SAMOURIS, G; BAMPIDIS, V; SOSSIDOU, E; ZANTOPOULOS, N. 2007. *Lipid*

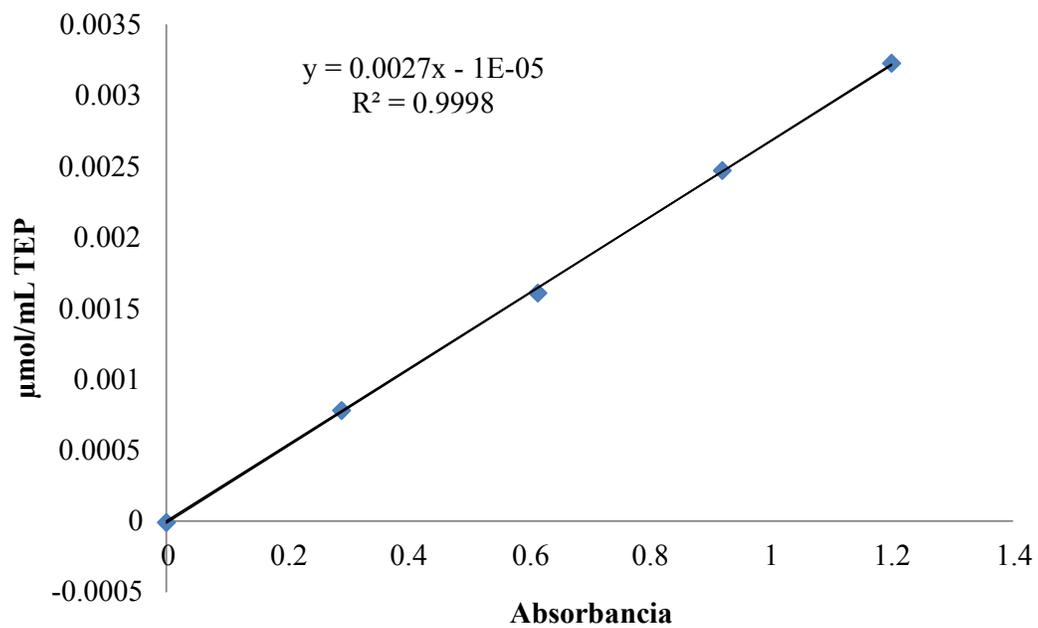
- Estudio e la incidencia el reposo ante mortem en cerdos y la influencia en el pH, capacidad de retención de agua y el color del músculo. *Ciencia e Investigación Agropecuaria* 32(2): 125-132.
178. SIMONITS, A; DE CORTE, F. 1975. Single-comparator methods in reactor neutrón activation analysis. *J. of Radioanalytical Chemistry*. 24: 31-46.
 179. SKRIVANOVÁ, E; MAROUNEK, M; SMET, S de; RAES, K. 2007. Influence of dietary selenium and vitamin E on quality of veal. *Meat Science* 76(3): 495-500.
 180. SOLIS, F. 2000. Determinación de las condiciones óptimas para obtener congelados a base de Melloco (*Ullucus tuberosus* Loz) y Zanahoria Blanca (*Arracacia xanthorrhiza* Bancroft). Tesis Dr. en Química. Riobamba, EC, Escuela superior politécnica de Chimborazo. 151 p.
 181. SOYER, A; ÖZALP, B; DALMIS, Ü; BILGIN, V. 2009. Effect of freezing temperature and duration of frozen storage on lipid and protein oxidation in chicken meat. *Food Chemistry* 120 (4): 1025-1030.
 182. SURAI, P. 2006. Selenium in nutrition and health. United Kingdom, Nottingham University Press. 974 p.
 183. SUZUKI, K; OGRA, Y. 2002. Metabolic pathway for selenium in the body: speciation by HPLC-ICP MS with enriched Se. *Food Addit Contam.* 19(10): 974-983.
 184. TAHER, B; FARID, M. 2001. Cyclic microwave thawing of frozen meat: experimental and theoretical investigation. *Chemical Engineering and Processing: Process Intensification* 40(4): 379–389.
 185. TANG, S; KERRY, J; SHEEHAN, D; BUCKLEY, D; MORRISSEY, P. 2000. Dietary tea catechin and iron-induced lipid oxidation in chicken meat, liver and heart. *Meat Science* 56(3): 285-290.
 186. TURNER, E; PAYNTER, W; MONTIE, E; BESSERT, M; STRUCK, G; OLSON, F. 1954. Use of the 2-thiobarbituric acid reagent to measure rancidity in frozen pork. *Food Tech.* 8: 326-330.
 187. VALESSERT, A. 2010. Cría y aprovechamiento del cerdo: salchichería. Paris, FR, MAXTOR. 384 p.
 188. VAN, E. 2000. Understanding pork quality (en línea). North Carolina, US, NC State University. Consultado 25 set. 2013. Disponible en: http://www.ncsu.edu/project/swine_extension/swine_news/2001/apr01.pdf
 189. VIANA, E; GOMIDE, L; VANETTI, M. 2005. Effect of modified atmospheres on

- microbiological, color and sensory properties of refrigerated pork. *Meat Science* 71(4): 696-705.
190. VICENTE, C. 2005. Estandarización de las metodologías para evaluar la calidad del producto (animal vivo, canal, carne y grasa) en los rumiantes. Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria. INIA.
 191. VIGNOLA, G; LAMBERTINI, L; MAZZONE, G; GIAMMARCO, M; TASSINARI, M; MARTELLI, G; BERTIN, G. 2009. Effects of selenium source and level of supplementation on the performance and meat quality of lambs. *Meat Science*, 81(4): 678-685.
 192. WANG, YB; XU, B. 2008. Effect of different selenium source (sodium selenite and selenium yeast) on broiler chickens. *Animal Feed Science and Technology* 144: 306-314.
 193. WANG, YX; ZHAN, X.; YUAN, X.; ZHANG, X. y WU. R. 2011. Effects of selenomethionine and sodium selenite supplementation on meat quality, selenium distribution and antioxidant status in broilers. *Czech J. of Animal Science* 56 (7): 305-313.
 194. WARRISS, P. 2003. *Ciencia de la Carne*. Trad. J Ruiz; R Cava. 2 ed. España, Acribia. 307 p.
 195. WEISS, W. 2003. Selenium nutrition of dairy cows: comparing responses to organic and inorganic selenium forms. Wooster, US, The Ohio State University. Consultado 35 set. 2013. Disponible en: <http://en.engormix.com/MA-dairy-cattle/nutrition/articles/selenium-nutrition-dairy-cows-t128/p0.htm>
 196. WOOD, J; RICHARDSON, R; NUTE, G; FISHER, A; CAMPO, M; KASAPIDOU, E; SHEARD, P; ENSER, M. 2003. Effects of fatty acids on meat quality: A review. *Meat Science* 66(1): 21-32.
 197. XIANGLI, H; RUI, L; SATORU, N; DEJIANG, Z; HAIJIE, L. 2013. Effect of high voltage electrostatic field treatment on thawing characteristics and post-thawing quality of frozen pork tenderloin meat. *J. of Food Engineering* 115(2): 245-250.
 198. XIAO, R; POWER, R; MALLONEE, D; CROWDUS, C; BRENNAN, K; AO, T; PIERCE, J; DAWSON, K. 2011. A comparative transcriptomic study of vitamin E and an algae-based antioxidant as antioxidative agents: Investigation of replacing vitamin E with the algae-based antioxidant in broiler diets. *Poultry Science*, 90(1): 136-146.
 199. XIONG, Y. 2000. Protein oxidation and implications for muscle foods quality. In

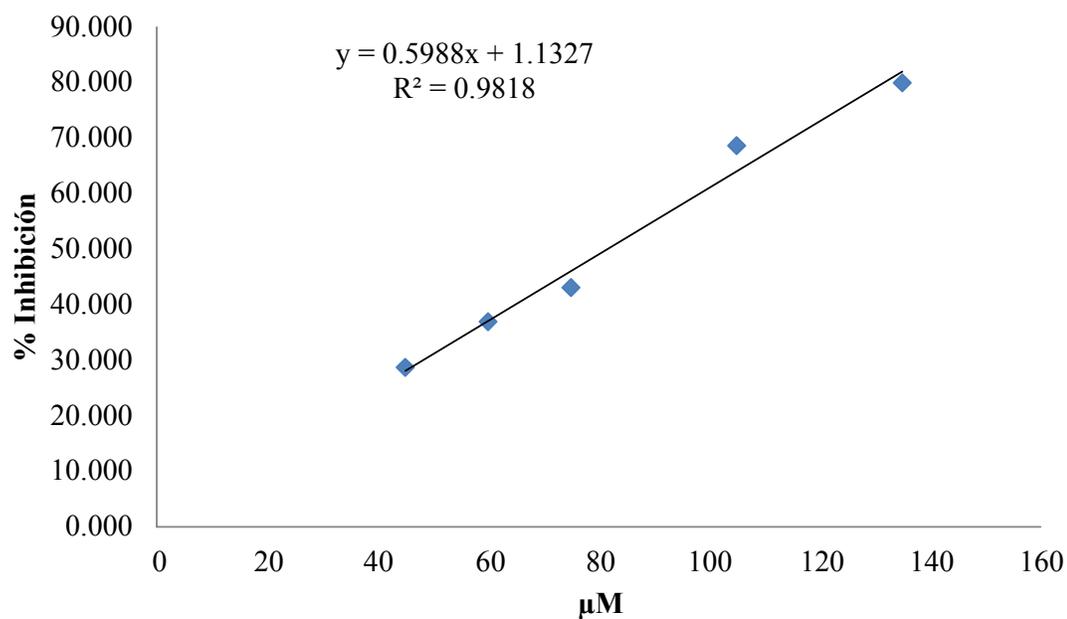
- DECKER, E; FAUSTMAN, C; LÓPEZ, C. eds. Antioxidants in muscle foods: nutritional strategies to improve quality. New York, Editorial Jhon Wiley. p. 85-111.
200. ZANINI, S; COLNAGO, G; BASTOS, M; PESSOTTI, B; CASAGRANDE, F; LIMA, V. 2006. Oxidative stability and total lipids on thigh and breast meat of broilers fed diets with two fat sources and supplemented with conjugated linoleic acid. *LWT - Food Science and Technology* 39(7): 717-723.
201. ZHAN, X; WANG, M; ZHAO, R; LI, W; XU, Z. 2007. Effects of different selenium source on selenium distribution, loin quality and antioxidant status in finishing pigs. *Animal Feed Science and Technology* 132: 202–211.
202. ZHANG, W; XIAO, S; SAMARAWEERA, H; JOO, E; AHN, D. 2010. Improving functional value of meat products. *Meat Science* 86 (1): 15-31.

VIII. ANEXOS

ANEXO 1: Curva estándar con 1,1,3,3-tetraetoxipropano (TEP) para determinar la concentración de malonaldehído a 532 nm.



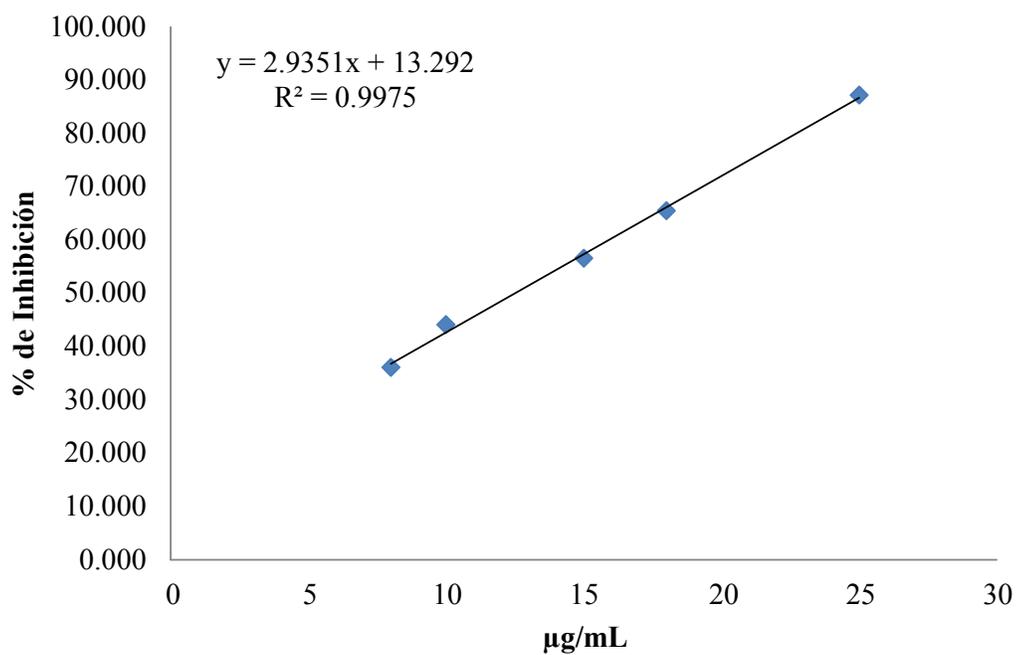
ANEXO 2: Curva estándar con trolox (TEAC) para la determinación de la capacidad antioxidante a 515 nm - método DPPH (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl).



Donde:

$$\% \text{ Inhibición} = \left[1 - \frac{\text{Absorbancia de la muestra}}{\text{Absorbancia del blanco}} \right] \times 100$$

ANEXO 3: Curva estándar ácido ascórbico (VCEAC) para la determinación de la capacidad antioxidante a 515 nm -método DPPH (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl).



Donde:

$$\% \text{ Inhibición} = \left[1 - \frac{\text{Absorbancia de la muestra}}{\text{Absorbancia del blanco}} \right] \times 100$$

ANEXO 4: Resultados del análisis proximal para el músculo *Longissimus dorsi* proveniente de cerdos alimentados con y sin selenio orgánico (g/100g de muestra original).

Ensayo	Base húmeda				Base seca			
	Con selenio orgánico		Sin selenio orgánico		Con selenio orgánico		Sin selenio orgánico	
	Promedio ± SD		Promedio ± SD		Promedio ± SD		Promedio ± SD	
Humedad (%)	67.74	± 1.08	^a	70.23	± 0.99	^b	-	-
Grasa cruda (%)	8.05	± 0.24	^a	8.46	± 0.13	^a	24.96	± 1.11 ^a 28.48 ± 0.87 ^b
Proteína (%)*	20.87	± 4.78	^a	18.67	± 6.58	^a	64.42	± 12.96 ^a 62.65 ± 20.75 ^a
Cenizas (%)	1.20	± 0.19	^a	1.17	± 0.15	^a	3.74	± 0.72 ^a 3.95 ± 0.51 ^a
Carbohidratos (%)	2.14	± 0.10	^a	1.40	± 0.20	^b	6.64	± 0.31 ^a 4.73 ± 0.67 ^b

Los datos muestran el promedio y su desviación estándar (n=3).

*Factor 6.25 (Análisis de proteínas).

^{a,b} Las letras minúsculas iguales dentro de la misma fila no presentan diferencias significativas cuando se someten a la prueba de Duncan (p<0.05). Representan el efecto del tipo de suplementación.

ANEXO 5: Resultados del contenido de selenio para el músculo *Longissimus dorsi* proveniente de cerdos alimentados con una dieta suplementada con selenio orgánico y una dieta sin selenio orgánico (mg/kg).

Muestra	Base Húmeda	Base Seca
	Promedio ± SD	Promedio ± SD
Dieta sin selenio orgánico (mg/kg)	0.45 ± 0.09 ^a	1.5 ± 0.3 ^a
Dieta suplementada con selenio orgánico (mg/kg)	0.65 ± 0.03 ^a	2.0 ± 0.1 ^b

Los datos muestran el promedio y su desviación estándar (n=3).

^{a,b} Las letras minúsculas diferentes dentro de la misma columna presentan diferencias significativas (p<0.05).

ANEXO 6: Resultados de pH para el para el músculo *Longissimus dorsi* proveniente de cerdos alimentados con y sin selenio orgánico.

Tiempo de almacenamiento (Meses)	Con selenio orgánico			Sin selenio orgánico		
	Promedio	±	SD	Promedio	±	SD
0	5.53	±	0.06	5.52	±	0.05
1	5.55	±	0.06	5.51	±	0.06
2	5.68	±	0.03	5.63	±	0.00
3	5.75	±	0.02	5.70	±	0.02
4	5.80	±	0.18	5.74	±	0.03

Los datos muestran el promedio y su desviación estándar (n=15).

^{A,B,C,D} Las letras mayúsculas iguales dentro de la misma columna no presentan diferencias significativas cuando se someten a la prueba de Duncan (p<0.05). Representan el efecto de diferentes tiempos para cada tipo de suplementación.

^{a,b} Las letras minúsculas iguales dentro de la misma fila no presentan diferencias significativas cuando se someten a la prueba de Duncan (p<0.05). Representan el efecto del tipo de suplementación.

ANEXO 7: Resultados de pérdida de agua por descongelación (%) para el músculo *Longissimus dorsi* proveniente de cerdos alimentados con y sin selenio orgánico.

Tiempo de almacenamiento (Meses)	Con selenio orgánico				Sin selenio orgánico			
	Promedio ± SD				Promedio ± SD			
1	5.57	±	0.99	Aa	7.04	±	1.27	Ab
2	6.61	±	1.18	Ba	8.09	±	1.41	ABb
3	8.58	±	1.16	Ca	9.18	±	0.88	Ba
4	10.42	±	1.49	Da	11.34	±	2.26	Ca

Los datos muestran el promedio y su desviación estándar (n=15).

^{A,B,C,D} Las letras mayúsculas iguales dentro de la misma columna no presentan diferencias significativas cuando se someten a la prueba de Duncan ($p < 0.05$). Representan el efecto de diferentes tiempos para cada tipo de suplementación.

^{a,b} Las letras minúsculas iguales dentro de la misma fila no presentan diferencias significativas cuando se someten a la prueba de Duncan ($p < 0.05$). Representan el efecto del tipo de suplementación.

ANEXO 8: Resultados de color (L*, a*, b*, h° y C*) para el músculo *Longissimus dorsi* proveniente de cerdos alimentados con y sin selenio orgánico.

Valor	Tiempo de almacenamiento (meses)	Con selenio orgánico				Sin selenio orgánico			
		Promedio ± SD				Promedio ± SD			
L*	0	52.49	±	2.27	Aa	54.49	±	2.33	Ab
	1	59.06	±	4.05	Ba	60.32	±	2.62	Ba
	2	63.79	±	3.72	Ca	65.03	±	2.17	Ca
	3	68.52	±	4.40	Da	69.53	±	3.32	Da
	4	69.00	±	2.43	Da	69.85	±	2.46	Da
a*	0	6.44	±	0.54	Aa	6.38	±	0.68	Aa
	1	6.38	±	1.12	Aa	6.22	±	1.02	Aa
	2	6.00	±	1.16	ABa	5.64	±	0.98	Ba
	3	5.52	±	0.93	Ba	5.36	±	0.93	BCa
	4	5.01	±	0.89	Ca	4.72	±	0.73	Da
b*	0	6.10	±	0.84	Aa	5.87	±	0.83	Aa
	1	10.36	±	1.62	Ba	9.75	±	0.81	Ba
	2	11.28	±	1.15	Ca	10.41	±	0.78	Cb
	3	11.94	±	0.80	Da	11.22	±	1.11	Db
	4	12.88	±	1.49	Ea	11.62	±	0.90	DEb
h°	0	43.22	±	3.98	Aa	42.47	±	3.90	Aa
	1	58.25	±	4.59	Ba	57.54	±	2.43	Ba
	2	61.80	±	4.38	Ca	61.74	±	2.68	Ca
	3	65.27	±	3.56	Da	64.49	±	2.69	Da
	4	68.76	±	2.40	Ea	68.02	±	2.32	Ea
C*	0	8.90	±	0.77	Aa	8.70	±	0.89	Aa
	1	12.23	±	1.72	Ba	11.59	±	1.20	Ba
	2	12.25	±	1.40	BCa	11.86	±	1.12	BCa
	3	13.20	±	0.94	Da	12.47	±	1.34	CDB
	4	13.84	±	1.64	Da	12.57	±	1.04	Db

Los datos muestran el promedio y su desviación estándar (n=15).

^{A,B,C,D,E} Las letras mayúsculas iguales dentro de la misma columna no presentan diferencias significativas cuando se someten a la prueba de Duncan ($p < 0.05$). Representan el efecto de diferentes tiempos para cada tipo de suplementación.

^{a,b} Las letras minúsculas iguales dentro de la misma fila no presentan diferencias significativas cuando se someten a la prueba de Duncan ($p < 0.05$). Representan el efecto del tipo de suplementación.

ANEXO 9: Resultados de dureza (Newton) para el músculo *Longissimus dorsi* proveniente de cerdos alimentados con y sin selenio orgánico.

Tiempo de almacenamiento (Meses)	Con selenio orgánico			Sin selenio orgánico		
	Promedio ± SD			Promedio ± SD		
0	57.08	±	4.18 ^{Aa}	62.26	±	6.30 ^{Ab}
4	28.66	±	3.13 ^{Ba}	33.93	±	4.64 ^{Bb}

Los datos muestran el promedio y su desviación estándar (n=15).

^{A,B} Las letras mayúsculas iguales dentro de la misma columna no presentan diferencias significativas cuando se someten a la prueba de Duncan (p<0.05). Representan el efecto de diferentes tiempos para cada tipo de suplementación.

^{a,b} Las letras minúsculas iguales dentro de la misma fila no presentan diferencias significativas cuando se someten a la prueba de Duncan (p<0.05). Representan el efecto del tipo de suplementación.

ANEXO 10: Perfil de ácidos grasos por cromatografía expresados en porcentaje (%) de ácidos grasos totales (peso/peso)

Ácido graso	Con Selenio				Sin Selenio			
	Promedio ± SD				Promedio ± SD			
C 14:0 (Mirístico)	1.40	±	0.08	^a	1.37	±	0.04	^a
C 16:0 (Palmítico)	23.78	±	0.59	^a	23.79	±	0.18	^a
C 16:1 (Palmitoleico)	1.80	±	0.05	^a	2.46	±	0.01	^b
C 17:0 (Heptadecanoico)	0.31	±	0.01	^a	0.25	±	0.01	^b
C 18:0 (Esteárico)	11.39	±	0.02	^a	10.89	±	0.10	^b
C 18:1 η -9 (Oleico)	34.14	±	0.21	^a	39.47	±	0.13	^b
C 18:1 η -7 (Vaccenico)	2.32	±	0.04	^a	3.14	±	0.02	^b
C 18:2 η -6 (Linoleico)	21.84	±	0.35	^a	15.90	±	0.04	^b
C 18:3 η -3 (α -Linolénico)	0.69	±	0.00	^a	0.49	±	0.01	^b
C 20:1 η -9 (Eicosaenoico)	0.57	±	0.01	^a	0.62	±	0.02	^a
C 20:2 (Eicosadienoico)	0.70	±	0.02	^a	0.56	±	0.02	^b
C 20:3 η -6 (Eicosatrienoico)	0.78	±	0.06	^a	0.81	±	0.01	^a

Los datos muestran el promedio y su desviación estándar (r=3).

^{a,b} Las letras minúsculas iguales dentro de la misma fila no presentan diferencias significativas cuando se someten a la prueba de Duncan (p<0.05). Representan el efecto del tipo de suplementación.

ANEXO 11: Contenido de la sumatoria de diversos ácidos grasos y sus cocientes en la grasa intramuscular, expresados en porcentaje (%) de los ácidos grasos totales (peso/peso).

Ácidos Grasos	Con Selenio				Sin Selenio			
	Promedio ± SD				Promedio ± SD			
Saturados	36.87	±	0.66	a	36.29	±	0.13	a
Monoinsaturados	38.82	±	0.21	a	45.68	±	0.16	b
Polinsaturados	24.00	±	0.44	a	17.75	±	0.04	b
AGPI/AGS	0.65	±	0.02	a	0.49	±	0.00	b
η-3	0.69	±	0.00	a	0.49	±	0.01	b
η-6	22.62	±	0.42	a	16.71	±	0.05	b
η-6/η-3	32.78	±	0.60	a	34.45	±	0.40	a
C18:0/ C18:2	0.52	±	0.01	a	0.68	±	0.01	b
ND	0.31				0.29			

Los datos muestran el promedio y su desviación estándar (n=3).

ND: No determinado.

^{a,b} Las letras minúsculas iguales dentro de la misma fila no presentan diferencias significativas cuando se someten a la prueba de Duncan ($p < 0.05$). Representan el efecto del tipo de suplementación.

ANEXO 12: Evolución de la oxidación lipídica (mg MDA/kg de muestra) para el músculo *Longissimus dorsi* proveniente de cerdos alimentados con y sin selenio orgánico.

Tiempo de almacenamiento (Meses)	Con selenio orgánico				Sin selenio orgánico			
	Promedio ± SD				Promedio ± SD			
0	0.09	±	0.01	Aa	0.10	±	0.02	Aa
1	0.10	±	0.01	Aa	0.12	±	0.02	Bb
2	0.11	±	0.01	Ba	0.14	±	0.02	Cb
3	0.13	±	0.02	Ca	0.15	±	0.00	Db
4	0.16	±	0.01	Da	0.18	±	0.01	Eb

Los datos muestran el promedio y su desviación estándar (n=15).

^{A,B,C,D,E} Las letras mayúsculas iguales dentro de la misma columna no presentan diferencias significativas cuando se someten a la prueba de Duncan ($p < 0.05$). Representan el efecto de diferentes tiempos para cada tipo de suplementación.

^{a,b} Las letras minúsculas iguales dentro de la misma fila no presentan diferencias significativas cuando se someten a la prueba de Duncan ($p < 0.05$). Representan el efecto del tipo de suplementación.

MDA (malonaldehído).

ANEXO 13: Resultados del análisis de capacidad antioxidante por el método DPPH.

Tiempo de almacenamiento (Meses)	TEAC (μM)				VCEAC ($\mu\text{g/mL}$)							
	Con selenio orgánico		Sin selenio orgánico		Con selenio orgánico		Sin selenio orgánico					
	Promedio \pm SD		Promedio \pm SD		Promedio \pm SD		Promedio \pm SD					
0	82.59	\pm 4.95	Aa	81.47	\pm 5.09	Aa	23.61	\pm 1.69	Aa	23.23	\pm 1.73	Aa
1	82.28	\pm 8.91	Ba	76.64	\pm 14.81	Ba	23.50	\pm 3.04	Ba	21.58	\pm 5.05	Ba
2	76.05	\pm 6.60	Ba	71.67	\pm 5.69	BCa	21.38	\pm 2.25	Ba	19.89	\pm 1.94	BCa
3	74.19	\pm 5.76	Ca	68.41	\pm 10.14	CDb	20.75	\pm 1.96	Ca	18.78	\pm 3.45	CDb
4	73.64	\pm 1.52	Ca	66.97	\pm 1.80	Db	20.56	\pm 0.52	Ca	18.29	\pm 0.61	Db

Los datos muestran el promedio y su desviación estándar (n=15).

^{A,B,C,D} Las letras mayúsculas iguales dentro de la misma columna no presentan diferencias significativas cuando se someten a la prueba de Duncan ($p < 0.05$). Representan el efecto de diferentes tiempos para cada tipo de suplementación.

^{a,b} Las letras minúsculas iguales dentro de la misma fila no presentan diferencias significativas cuando se someten a la prueba de Duncan ($p < 0.05$). Representan el efecto del tipo de suplementación.

TEAC (Capacidad antioxidante equivalente al Trolox).

VCEAC (Capacidad antioxidante equivalente a la vitamina C).

ANEXO 14: Análisis estadístico

a. Análisis estadístico del análisis proximal

a.1. Humedad

ANOVA Simple - Humedad por tipo de suplementación

Variable dependiente: Humedad

Factor: tipo de suplementación

Número de observaciones: 6

Número de niveles: 2

Tabla ANOVA para Humedad por tipo de suplementación

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	9.804816667	1	9.804816667	9.19	0.0387
Intra grupos	4.268866667	4	1.067216667		
Total (Corr.)	14.07368333	5			

Pruebas de Múltiple Rangos para Humedad por tipo de suplementación

Método: 95.0 porcentaje Duncan

Nivel	Casos	Media	Grupos Homogéneos
Con selenio	3	67.74333333	X
Sin selenio	3	70.3	X

a.2. Grasa cruda en base húmeda

ANOVA Simple - Grasa cruda (base húmeda) por tipo de suplementación

Variable dependiente: Grasa cruda (base húmeda)

Factor: tipo de suplementación

Número de observaciones: 6

Número de niveles: 2

Tabla ANOVA para Grasa cruda (base húmeda) por tipo de suplementación

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	0.2948166667	1	0.2948166667	6.04	0.0699
Intra grupos	0.1952666667	4	0.04881666667		
Total (Corr.)	0.4900833333	5			

Pruebas de Múltiple Rangos para Grasa cruda (base húmeda) por tipo de suplementación

Método: 95.0 porcentaje Duncan

Nivel	Casos	Media	Grupos Homogéneos
Con selenio	3	7.97	X
Sin selenio	3	8.413333333	X

a.3. Proteína en base húmeda

ANOVA Simple – Proteína (base húmeda) por tipo de suplementación

Variable dependiente: Proteína (base húmeda)

Factor: tipo de suplementación

Número de observaciones: 6

Número de niveles: 2

Tabla ANOVA para Proteína (base húmeda) por tipo de suplementación

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	7.26	1	7.26	0.22	0.6639
Intra grupos	132.4021333	4	33.10053333		
Total (Corr.)	139.6621333	5			

Pruebas de Múltiple Rangos para Proteína (base húmeda) por tipo de suplementación

Método: 95.0 porcentaje Duncan

Nivel	Casos	Media	Grupos Homogéneos
Sin selenio	3	18.66666667	X
Con selenio	3	20.86666667	X

a.4. Cenizas en base húmeda

ANOVA Simple – Cenizas (base húmeda) por tipo de suplementación

Variable dependiente: Cenizas (base húmeda)

Factor: tipo de suplementación

Número de observaciones: 6

Número de niveles: 2

Tabla ANOVA para Cenizas (base húmeda) por tipo de suplementación

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	0.00135	1	0.00135	0.05	0.8372
Intra grupos	0.1124	4	0.0281		
Total (Corr.)	0.11375	5			

Pruebas de Múltiple Rangos para Cenizas (base húmeda) por tipo de suplementación

Método: 95.0 porcentaje Duncan

Nivel	Casos	Media	Grupos Homogéneos
Sin selenio	3	1.17	X
Con selenio	3	1.2	X

a.5. Carbohidratos en base húmeda

Número de observaciones: 6

Número de niveles: 2

ANOVA Simple - carbohidratos (base húmeda) por tipo de suplementación

Tabla ANOVA para carbohidratos (base húmeda) por tipo de suplementación

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	0.821	1	0.821	32.86	0.005
Intra grupos	0.1	4	0.025		
Total (Corr.)	0.921	5			

Pruebas de múltiple rangos para carbohidratos (base húmeda) por tipo de suplementación

Método: 95.0 porcentaje Duncan

Nivel	Casos	Media	Grupos Homogéneos
Sin selenio	3	1.4	X
Con selenio	3	2.14	X

a.6. Grasa en base seca

ANOVA Simple – Grasa (base seca) por Tipo de suplementación

Variable dependiente: Grasa (base seca)

Factor: Tipo de suplementación

Número de observaciones: 6

Número de niveles: 2

Tabla ANOVA para Grasa (base seca) por Tipo de suplementación

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	18.6208	1	18.6208	18.69	0.0124
Intra grupos	3.98607	4	0.996517		
Total (Corr.)	22.6069	5			

Pruebas de Múltiple Rangos para Grasa (base seca) por Tipo de suplementación

Método: 95.0 porcentaje Duncan

Nivel	Casos	Media	Grupos Homogéneos
Con selenio	3	24.96	X
Sin selenio	3	28.4833	X

a.7. Proteína en base seca

ANOVA Simple - Proteína (base seca) por Tipo de suplementación

Variable dependiente: Proteína (base seca)

Factor: Tipo de suplementación

Número de observaciones: 6

Número de niveles: 2

Tabla ANOVA para Proteína (base seca) por Tipo de suplementación

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	4.6464	1	4.6464	0.02	0.9069
Intra grupos	1197.12	4	299.28		
Total (Corr.)	1201.77	5			

Pruebas de Múltiple Rangos para Proteína (base seca) por Tipo de suplementación

Método: 95.0 porcentaje Duncan

Nivel	Casos	Media	Grupos Homogéneos
Sin selenio	3	62.6533	X
Con selenio	3	64.4133	X

a.8. Cenizas en base seca

ANOVA Simple – Cenizas (base seca) por Tipo de suplementación

Tabla ANOVA para Cenizas (base seca) por Tipo de suplementación

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	0.0704167	1	0.0704167	0.18	0.6897
Intra grupos	1.52713	4	0.381783		
Total (Corr.)	1.59755	5			

Pruebas de Múltiple Rangos para Cenizas (base seca) por Tipo de suplementación

Método: 95.0 porcentaje Duncan

Nivel	Casos	Media	Grupos Homogéneos
Con selenio	3	3.73667	X
Sin selenio	3	3.95333	X

a.9. Carbohidratos en base seca

ANOVA Simple – Carbohidratos (base seca) por Tipo de suplementación

Tabla ANOVA para carbohidratos base seca por tipo de suplementación

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	5.472	1	5.472	20.08	0.011
Intra grupos	1.09	4	0.272		
Total (Corr.)	6.562	5			

Pruebas de múltiple rangos para carbohidratos base seca por tipo de suplementación

Método: 95.0 porcentaje Duncan

Nivel	Casos	Media	Grupos Homogéneos
Sin selenio	3	4.73	X
Con selenio	3	6.64	X

b. Análisis estadístico del contenido de selenio

b.1. Contenido de selenio por Tipo de suplementación

ANOVA Simple - contenido de selenio (base húmeda)

Variable dependiente: Contenido de selenio (mg/kg)

Factor: Tipo de suplementación

Número de observaciones: 6

Número de niveles: 2

Tabla ANOVA para contenido de selenio (mg/kg) por Tipo de suplementación

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	0.06	1	0.06	13.33	0.022
Intra grupos	0.018	4	0.005		
Total (Corr.)	0.078	5			

Pruebas de Múltiple Rangos para contenido de selenio (mg/kg) por tipo de suplementación

Método: 95.0 porcentaje Duncan

Nivel	Casos	Media	Grupos Homogéneos
Sin selenio	3	0.45	X
Con selenio	3	0.65	X

ANOVA Simple - contenido de selenio (base seca)

Variable dependiente: Contenido de selenio (mg/kg)

Factor: Tipo de suplementación

Número de observaciones: 6

Número de niveles: 2

Tabla ANOVA para contenido de selenio (mg/kg) por tipo de suplementación

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	0.375	1	0.375	7.50	0.052
Intra grupos	0.2	4	0.05		
Total (Corr.)	0.575	5			

c. Análisis estadístico de pH

c.1. Efecto de diferentes tiempos para cada tipo de suplementación (con y sin selenio orgánico)

ANOVA Simple - pH Con Selenio por Tiempo

Tabla ANOVA para pH Con Selenio por Tiempo

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	2.574424889	4	0.6436062222	56.55	0.0000
Intra grupos	2.503733333	220	0.01138060606		
Total (Corr.)	5.078158222	224			

Pruebas de Múltiple Rangos para pH Con Selenio por Tiempo

Método: 95.0 porcentaje Duncan

Tiempo	Casos	Media	Grupos Homogéneos
Mes 0	45	5.528222222	X
Mes 1	45	5.552444444	X
Mes 2	45	5.676666667	X
Mes 3	45	5.75	X
Mes 4	45	5.801111111	X

ANOVA Simple - pH Sin Selenio por Tiempo

Variable dependiente: pH Sin Selenio

Factor: Tiempo

Número de observaciones: 225

Número de niveles: 5

Tabla ANOVA para pH Sin Selenio por Tiempo

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	1.919964444	4	0.4799911111	242.57	0.0000
Intra grupos	0.4353244444	220			
Total (Corr.)	2.355288889	224			

Pruebas de Múltiple Rangos para pH Sin Selenio por Tiempo

Método: 95.0 porcentaje Duncan

Tiempo	Casos	Media	Grupos Homogéneos
Mes 1	45	5.513777778	X
Mes 0	45	5.516	X
Mes 2	45	5.629111111	X
Mes 3	45	5.704444444	X
Mes 4	45	5.735555556	X

c.2. Efecto del tipo de suplementación para cada tiempo

ANOVA Simple - pH mes cero por tipo de suplementación

Variable dependiente: pH mes cero

Factor: tipo de suplementación

Número de observaciones: 90

Número de niveles: 2

Tabla ANOVA para pH mes cero por tipo de suplementación

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	0.00336111	1	0.00336111	0.75	0.3900
Intra grupos	0.396338	88	0.00450384		
Total (Corr.)	0.399699	89			

Pruebas de Múltiple Rangos para pH mes cero por tipo de suplementación

Método: 95.0 porcentaje Duncan

Nivel	Casos	Media	Grupos Homogéneos
Sin selenio	45	5.516	X
Con selenio	45	5.52822	X

ANOVA Simple - pH mes uno por tipo de suplementación

Variable dependiente: pH mes uno

Factor: tipo de suplementación

Número de observaciones: 90

Número de niveles: 2

Tabla ANOVA para pH mes uno por tipo de suplementación

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	0.03364	1	0.03364	8.96	0.0036
Intra grupos	0.3304888889	88			
Total (Corr.)	0.3641288889	89			

Pruebas de Múltiple Rangos para pH mes uno por tipo de suplementación

Método: 95.0 porcentaje Duncan

Nivel	Casos	Media	Grupos Homogéneos
Sin selenio	45	5.513777778	X
Con selenio	45	5.552444444	X

ANOVA Simple - pH mes dos por tipo de suplementación

Variable dependiente: pH mes dos

Factor: tipo de suplementación

Número de observaciones: 90

Número de niveles: 2

Tabla ANOVA para pH mes dos por tipo de suplementación

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	0.05088444444	1	0.05088444444	48.38	0.0000
Intra grupos	0.09256444444	88			
Total (Corr.)	0.1434488889	89			

Pruebas de Múltiple Rangos para pH mes dos por tipo de suplementación

Método: 95.0 porcentaje Duncan

Nivel	Casos	Media	Grupos Homogéneos
Sin selenio	45	5.629111111	X
Con selenio	45	5.676666667	X

ANOVA Simple - pH mes tres por tipo de suplementación

Variable dependiente: pH mes tres

Factor: tipo de suplementación

Número de observaciones: 90

Número de niveles: 2

Tabla ANOVA para pH mes tres por tipo de suplementación

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	0.04669444444	1	0.04669444444	47.72	0.0000
Intra grupos	0.08611111111	88			
Total (Corr.)	0.1328055556	89			

Pruebas de Múltiple Rangos para pH mes tres por tipo de suplementación

Método: 95.0 porcentaje Duncan

Nivel	Casos	Media	Grupos Homogéneos
Sin selenio	45	5.704444444	X
Con selenio	45	5.75	X

ANOVA Simple - pH mes cuatro por tipo de suplementación

Variable dependiente: pH mes cuatro

Factor: tipo de suplementación

Número de observaciones: 90

Número de niveles: 2

Tabla ANOVA para pH mes cuatro por tipo de suplementación

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	0.09669444444	1	0.09669444444	4.18	0.0438
Intra grupos	2.033555556	88	0.02310858586		
Total (Corr.)	2.13025	89			

Pruebas de Múltiple Rangos para pH mes cuatro por tipo de suplementación

Método: 95.0 porcentaje Duncan

Nivel	Casos	Media	Grupos Homogéneos
Sin selenio	45	5.735555556	X
Con selenio	45	5.801111111	X

d. Análisis estadístico de color

d.1. Efecto de diferentes tiempos para cada tipo de suplementación (con y sin selenio orgánico)

ANOVA Simple - L con selenio por Tiempo

Variable dependiente: L con selenio

Factor: Tiempo

Número de observaciones: 225

Número de niveles: 5

Tabla ANOVA para L con selenio por Tiempo

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	8642.62	4	2160.65	127.95	0.0000
Intra grupos	3714.94	220	16.8861		
Total (Corr.)	12357.6	224			

Pruebas de Múltiple Rangos para L con selenio por Tiempo

Método: 95.0 porcentaje LSD

Tiempo	Casos	Media	Grupos Homogéneos
Mes 0	45	52.4924	X
Mes 1	45	59.0631	X
Mes 2	45	63.7938	X
Mes 3	45	68.5193	X
Mes 4	45	68.9973	X

ANOVA Simple - L sin selenio por Tiempo

Variable dependiente: L sin selenio

Factor: Tiempo

Número de observaciones: 225

Número de niveles: 5

Tabla ANOVA para L sin selenio por Tiempo

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	7637.46	4	1909.37	161.51	0.0000
Intra grupos	2600.86	220	11.8221		
Total (Corr.)	10238.3	224			

Pruebas de Múltiple Rangos para L sin selenio por Tiempo

Método: 95.0 porcentaje LSD

Tiempo	Casos	Media	Grupos Homogéneos
Mes 0	45	54.4891	X
Mes 1	45	60.3184	X
Mes 2	45	65.0347	X
Mes 3	45	69.5253	X
Mes 4	45	69.8509	X

ANOVA Simple - a con selenio por Tiempo

Tabla ANOVA para a con selenio por Tiempo

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	65.9566	4	16.4892	11.90	0.0000
Intra grupos	304.89	220	1.38586		
Total (Corr.)	370.846	224			

Pruebas de Múltiple Rangos para a con selenio por Tiempo

Método: 95.0 porcentaje LSD

Tiempo	Casos	Media	Grupos Homogéneos
Mes 4	45	5.01444	X
Mes 3	45	5.51689	X
Mes 2	45	6.002	XX
Mes 1	45	6.384	X
Mes 0	45	6.44222	X

ANOVA Simple - a sin selenio por Tiempo

Número de observaciones: 225

Número de niveles: 5

Tabla ANOVA para a sin selenio por Tiempo

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	81.2895	4	20.3224	17.32	0.0000
Intra grupos	258.092	220	1.17314		
Total (Corr.)	339.381	224			

Pruebas de Múltiple Rangos para a sin selenio por Tiempo

Método: 95.0 porcentaje LSD

Tiempo	Casos	Media	Grupos Homogéneos
Mes 4	45	4.724	X
Mes 3	45	5.36022	X
Mes 2	45	5.63889	X
Mes 1	45	6.22244	X
Mes 0	45	6.38378	X

ANOVA Simple - b con selenio por Tiempo

Variable dependiente: b con selenio

Factor: Tiempo

Número de observaciones: 225

Número de niveles: 5

Tabla ANOVA para b con selenio por Tiempo

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	1244.91	4	311.227	131.60	0.0000
Intra grupos	520.305	220	2.36502		
Total (Corr.)	1765.21	224			

Pruebas de Múltiple Rangos para b con selenio por Tiempo

Método: 95.0 porcentaje LSD

Tiempo	Casos	Media	Grupos Homogéneos
Mes 0	45	6.10378	X
Mes 1	45	10.3589	X
Mes 2	45	11.278	X
Mes 3	45	11.938	X
Mes 4	45	12.876	X

ANOVA Simple - b sin selenio por Tiempo

Variable dependiente: b sin selenio

Factor: Tiempo

Número de observaciones: 225

Número de niveles: 5

Tabla ANOVA para b sin selenio por Tiempo

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	951.113	4	237.778	123.98	0.0000
Intra grupos	421.932	220	1.91787		
Total (Corr.)	1373.05	224			

Pruebas de Múltiple Rangos para b sin selenio por Tiempo

Método: 95.0 porcentaje LSD

Tiempo	Casos	Media	Grupos Homogéneos
Mes 0	45	5.87178	X
Mes 1	45	9.748	X
Mes 2	45	10.4153	X
Mes 3	45	11.2196	X
Mes 4	45	11.6198	X

ANOVA Simple - h con selenio por Tiempo

Variable dependiente: h con selenio

Factor: Tiempo

Número de observaciones: 225

Número de niveles: 5

Tabla ANOVA para h con selenio por Tiempo

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	17599.0	4	4399.75	187.41	0.0000
Intra grupos	5164.86	220	23.4766		
Total (Corr.)	22763.9	224			

Pruebas de Múltiple Rangos para h con selenio por Tiempo

Método: 95.0 porcentaje LSD

Tiempo	Casos	Media	Grupos Homogéneos
Mes 0	45	43.2171	X
Mes 1	45	58.2511	X
Mes 2	45	61.7982	X
Mes 3	45	65.2736	X
Mes 4	45	68.7622	X

ANOVA Simple - h sin selenio por Tiempo

Número de observaciones: 225

Número de niveles: 5

Tabla ANOVA para h sin selenio por Tiempo

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	17734.2	4	4433.54	295.62	0.0000
Intra grupos	3299.47	220	14.9976		
Total (Corr.)	21033.6	224			

Pruebas de Múltiple Rangos para h sin selenio por Tiempo

Método: 95.0 porcentaje LSD

Tiempo	Casos	Media	Grupos Homogéneos
Mes 0	45	42.4742	X
Mes 1	45	57.5404	X
Mes 2	45	61.7411	X
Mes 3	45	64.4849	X
Mes 4	45	68.0207	X

ANOVA Simple - C con selenio por Tiempo

Variable dependiente: C con selenio

Factor: Tiempo

Número de observaciones: 225

Número de niveles: 5

Tabla ANOVA para C con selenio por Tiempo

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	652.918	4	163.23	60.12	0.0000
Intra grupos	597.36	220	2.71527		
Total (Corr.)	1250.28	224			

Pruebas de Múltiple Rangos para C con selenio por Tiempo

Método: 95.0 porcentaje LSD

Tiempo	Casos	Media	Grupos Homogéneos
Mes 0	45	8.90444	X
Mes 1	45	12.2271	X
Mes 2	45	12.2464	X
Mes 3	45	13.2033	X
Mes 4	45	13.8447	X

ANOVA Simple - C sin selenio por Tiempo

Número de observaciones: 225

Número de niveles: 5

Tabla ANOVA para C sin selenio por Tiempo

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	450.915	4	112.729	44.91	0.0000
Intra grupos	552.196	220	2.50998		
Total (Corr.)	1003.11	224			

Pruebas de Múltiple Rangos para C sin selenio por Tiempo

Método: 95.0 porcentaje LSD

Tiempo	Casos	Media	Grupos Homogéneos
Mes 0	45	8.70156	X
Mes 1	45	11.5858	X
Mes 2	45	11.8578	XX
Mes 3	45	12.466	XX
Mes 4	45	12.5682	X

d.2. Efecto del tipo de suplementación para cada tiempo

ANOVA Simple - L mes cero por Tipo de suplementación

Número de observaciones: 90

Número de niveles: 2

Tabla ANOVA para L mes cero por Tipo de suplementación

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	89.7002	1	89.7002	12.11	0.0008
Intra grupos	651.582	88	7.40434		
Total (Corr.)	741.282	89			

Pruebas de Múltiple Rangos para L mes cero por Tipo de suplementación

Método: 95.0 porcentaje LSD

Nivel	Casos	Media	Grupos Homogéneos
Con selenio	45	52.4924	X
Sin selenio	45	54.4891	X

ANOVA Simple - L mes uno por Tipo de suplementación

Tabla ANOVA para L mes uno por Tipo de suplementación

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	35.569	1	35.4569	1.85	0.1769
Intra grupos	1683.63	88	19.1322		
Total (Corr.)	1719.09	89			

Pruebas de Múltiple Rangos para L mes uno por Tipo de suplementación

Método: 95.0 porcentaje LSD

Nivel	Casos	Media	Grupos Homogéneos
Con selenio	45	59.0631	X
Sin selenio	45	60.3184	X

ANOVA Simple - L mes dos por Tipo de suplementación

Variable dependiente: L mes dos

Factor: Tipo de suplementación

Número de observaciones: 90

Número de niveles: 2

Tabla ANOVA para L mes dos por Tipo de suplementación

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	34.6456	1	34.6456	2.57	0.1122
Intra grupos	1184.08	88	13.4555		
Total (Corr.)	1218.73	89			

Pruebas de Múltiple Rangos para L mes dos por Tipo de suplementación

Método: 95.0 porcentaje LSD

Nivel	Casos	Media	Grupos Homogéneos
Con selenio	45	63.7938	X
Sin selenio	45	65.0347	X

ANOVA Simple - L mes tres por Tipo de suplementación

Variable dependiente: L mes tres

Factor: Tipo de suplementación

Número de observaciones: 90

Número de niveles: 2

Tabla ANOVA para L mes tres por Tipo de suplementación

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	22.7708	1	22.7708	1.09	0.2988
Intra grupos	1834.22	88	20.8435		
Total (Corr.)	1856.99	89			

Pruebas de Múltiple Rangos para L mes tres por Tipo de suplementación

Método: 95.0 porcentaje LSD

Nivel	Casos	Media	Grupos Homogéneos
Con selenio	45	68.5193	X
Sin selenio	45	69.5253	X

ANOVA Simple - L mes cuatro por Tipo de suplementación

Tabla ANOVA para L mes cuatro por Tipo de suplementación

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	16.3925	1	16.3925	1.50	0.2241
Intra grupos	962.28	88	10.935		
Total (Corr.)	978.672	89			

Pruebas de Múltiple Rangos para L mes cuatro por Tipo de suplementación

Método: 95.0 porcentaje LSD

Nivel	Casos	Media	Grupos Homogéneos
Con selenio	45	68.9973	X
Sin selenio	45	69.8509	X

ANOVA Simple - a mes cero por Tipo de suplementación

Variable dependiente: a mes cero

Factor: Tipo de suplementación

Número de observaciones: 90

Número de niveles: 2

Tabla ANOVA para a mes cero por Tipo de suplementación

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	0.0768544	1	0.0768544	0.18	0.6737
Intra grupos	37.8816	88	0.430473		
Total (Corr.)	37.9585	89			

Pruebas de Múltiple Rangos para a mes cero por Tipo de suplementación

Método: 95.0 porcentaje LSD

Nivel	Casos	Media	Grupos Homogéneos
Sin selenio	45	6.38378	X
Con selenio	45	6.44222	X

ANOVA Simple - a mes uno por Tipo de suplementación

Tabla ANOVA para a mes uno por Tipo de suplementación

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	0.587254	1	0.587254	0.33	0.5655
Intra grupos	155.32	88	1.765		
Total (Corr.)	155.907	89			

Pruebas de Múltiple Rangos para a mes uno por Tipo de suplementación

Método: 95.0 porcentaje LSD

Nivel	Casos	Media	Grupos Homogéneos
Sin selenio	45	6.22244	X
Con selenio	45	6.384	X

ANOVA Simple - a mes dos por Tipo de suplementación

Tabla ANOVA para a mes dos por Tipo de suplementación

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	2.96662	1	2.96662	2.07	0.1539
Intra grupos	126.203	88	1.43412		
Total (Corr.)	129.169	89			

Pruebas de Múltiple Rangos para a mes dos por Tipo de suplementación

Método: 95.0 porcentaje LSD

Nivel	Casos	Media	Grupos Homogéneos
Sin selenio	45	5.63889	X
Con selenio	45	6.002	X

ANOVA Simple - a mes tres por Tipo de suplementación

Variable dependiente: a mes tres

Factor: Tipo de suplementación

Número de observaciones: 90

Número de niveles: 2

Tabla ANOVA para a mes tres por Tipo de suplementación

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	0.55225	1	0.55225	0.35	0.5535
Intra grupos	137.352	88	1.56082		
Total (Corr.)	137.904	89			

Pruebas de Múltiple Rangos para a mes tres por Tipo de suplementación

Método: 95.0 porcentaje LSD

Nivel	Casos	Media	Grupos Homogéneos
Sin selenio	45	5.36022	X
Con selenio	45	5.51689	X

ANOVA Simple - a mes cuatro por Tipo de suplementación

Variable dependiente: a mes cuatro

Factor: Tipo de suplementación

Número de observaciones: 90

Número de niveles: 2

Tabla ANOVA para a mes cuatro por Tipo de suplementación

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	1.89805	1	1.89805	1.57	0.2132
Intra grupos	106.225	88	1.20711		
Total (Corr.)	108.123	89			

Pruebas de Múltiple Rangos para a mes cuatro por Tipo de suplementación

Método: 95.0 porcentaje LSD

Nivel	Casos	Media	Grupos Homogéneos
Sin selenio	45	4.724	X
Con selenio	45	5.01444	X

ANOVA Simple - b mes cero por Tipo de suplementación

Tabla ANOVA para b mes cero por Tipo de suplementación

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	1.21104	1	1.21104	1.27	0.2635
Intra grupos	84.1437	88	0.956179		
Total (Corr.)	85.3548	89			

Pruebas de Múltiple Rangos para b mes cero por Tipo de suplementación

Método: 95.0 porcentaje LSD

Nivel	Casos	Media	Grupos Homogéneos
Sin selenio	45	5.87178	X
Con selenio	45	6.10378	X

ANOVA Simple - b mes uno por Tipo de suplementación

Variable dependiente: b mes uno

Factor: Tipo de suplementación

Número de observaciones: 90

Número de niveles: 2

Tabla ANOVA para b mes uno por Tipo de suplementación

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	8.39667	1	8.39667	2.73	0.1022
Intra grupos	270.975	88	3.07927		
Total (Corr.)	279.372	89			

Pruebas de Múltiple Rangos para b mes uno por Tipo de suplementación

Método: 95.0 porcentaje LSD

Nivel	Casos	Media	Grupos Homogéneos
Sin selenio	45	9.748	X
Con selenio	45	10.3589	X

ANOVA Simple - b mes dos por Tipo de suplementación

Tabla ANOVA para b mes dos por Tipo de suplementación

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	16.7444	1	16.7444	9.59	0.0026
Intra grupos	153.661	88	1.74615		
Total (Corr.)	170.406	89			

Pruebas de Múltiple Rangos para b mes dos por Tipo de suplementacion

Método: 95.0 porcentaje LSD

Nivel	Casos	Media	Grupos Homogéneos
Sin selenio	45	10.4153	X
Con selenio	45	11.278	X

ANOVA Simple - b mes tres por Tipo de suplementación

Variable dependiente: b mes tres

Factor: Tipo de suplementación

Número de observaciones: 90

Número de niveles: 2

Tabla ANOVA para b mes tres por Tipo de suplementación

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	11.6137	1	11.6137	5.40	0.0224
Intra grupos	189.252	88	2.15059		
Total (Corr.)	200.866	89			

Pruebas de Múltiple Rangos para b mes tres por Tipo de suplementación

Método: 95.0 porcentaje LSD

Nivel	Casos	Media	Grupos Homogéneos
Sin selenio	45	11.2196	X
Con selenio	45	11.938	X

ANOVA Simple - b mes cuatro por Tipo de suplementación

Tabla ANOVA para b mes cuatro por Tipo de suplementación

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	35.5071	1	35.5071	12.80	0.0006
Intra grupos	244.205	88	2.77505		
Total (Corr.)	279.712	89			

Pruebas de Múltiple Rangos para b mes cuatro por Tipo de suplementación

Método: 95.0 porcentaje LSD

Nivel	Casos	Media	Grupos Homogéneos
Sin selenio	45	11.6198	X
Con selenio	45	12.876	X

ANOVA Simple - h mes cero por Tipo de suplementación

Variable dependiente: h mes cero

Factor: Tipo de suplementación

Número de observaciones: 90

Número de niveles: 2

Tabla ANOVA para h mes cero por Tipo de suplementación

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	12.4174	1	12.4174	0.58	0.4487
Intra grupos	1887.33	88	21.4469		
Total (Corr.)	1899.75	89			

Pruebas de Múltiple Rangos para h mes cero por Tipo de suplementación

Método: 95.0 porcentaje LSD

Nivel	Casos	Media	Grupos Homogéneos
Sin selenio	45	42.4742	X
Con selenio	45	43.2171	X

ANOVA Simple - h mes uno por Tipo de suplementación

Tabla ANOVA para h mes uno por Tipo de suplementación

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	11.3636	1	11.3636	0.52	0.4745
Intra grupos	1937.99	88	22.0226		
Total (Corr.)	1949.35	89			

Pruebas de Múltiple Rangos para h mes uno por Tipo de suplementación

Método: 95.0 porcentaje LSD

Nivel	Casos	Media	Grupos Homogéneos
Sin selenio	45	57.5404	X
Con selenio	45	58.2511	X

ANOVA Simple - h mes dos por Tipo de suplementación

Variable dependiente: h mes dos

Factor: Tipo de suplementación

Número de observaciones: 90

Número de niveles: 2

Tabla ANOVA para h mes dos por Tipo de suplementación

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	0.0733878	1	0.0733878	0.00	0.9481
Intra grupos	1516.33	88	17.231		
Total (Corr.)	1516.4	89			

Pruebas de Múltiple Rangos para h mes dos por Tipo de suplementación

Método: 95.0 porcentaje LSD

Nivel	Casos	Media	Grupos Homogéneos
Sin selenio	45	61.7411	X
Con selenio	45	61.7982	X

ANOVA Simple - h mes tres por Tipo de suplementación

Tabla ANOVA para h mes tres por Tipo de suplementación

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	13.9949	1	13.9949	0.63	0.4309
Intra grupos	1966.56	88	22.3473		
Total (Corr.)	1980.56	89			

Pruebas de Múltiple Rangos para h mes tres por Tipo de suplementación

Método: 95.0 porcentaje LSD

Nivel	Casos	Media	Grupos Homogéneos
Sin selenio	45	64.4849	X
Con selenio	45	65.2736	X

ANOVA Simple - h mes cuatro por Tipo de suplementación

Variable dependiente: h mes cuatro

Factor: Tipo de suplementación

Número de observaciones: 90

Número de niveles: 2

Tabla ANOVA para h mes cuatro por Tipo de suplementación

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	12.3729	1	12.3729	0.94	0.3345
Intra grupos	1156.13	88	13.1378		
Total (Corr.)	1168.5	89			

Pruebas de Múltiple Rangos para h mes cuatro por Tipo de suplementación

Método: 95.0 porcentaje LSD

Nivel	Casos	Media	Grupos Homogéneos
Sin selenio	45	68.0207	X
Con selenio	45	68.7622	X

ANOVA Simple - C mes cero por Tipo de suplementación

Tabla ANOVA para C mes cero por Tipo de suplementación

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	0.926188	1	0.926188	1.07	0.3029
Intra grupos	75.8981	88	0.862478		
Total (Corr.)	76.8243	89			

Pruebas de Múltiple Rangos para C mes cero por Tipo de suplementación

Método: 95.0 porcentaje LSD

Nivel	Casos	Media	Grupos Homogéneos
Sin selenio	45	8.70156	X
Con selenio	45	8.90444	X

ANOVA Simple - C mes uno por Tipo de suplementación

Tabla ANOVA para C mes uno por Tipo de suplementación

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	9.25444	1	9.25444	2.40	0.1253
Intra grupos	339.996	88	3.86359		
Total (Corr.)	349.25	89			

Pruebas de Múltiple Rangos para C mes uno por Tipo de suplementación

Método: 95.0 porcentaje LSD

Nivel	Casos	Media	Grupos Homogéneos
Sin selenio	45	11.5858	X
Con selenio	45	12.2271	X

ANOVA Simple - C mes dos por Tipo de suplementación

Variable dependiente: C mes dos

Factor: Tipo de suplementación

Número de observaciones: 90

Número de niveles: 2

Tabla ANOVA para C mes dos por Tipo de suplementación

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	3.39889	1	3.39889	1.37	0.2443
Intra grupos	217.681	88	2.47365		
Total (Corr.)	221.08	89			

Pruebas de Múltiple Rangos para C mes dos por Tipo de suplementación

Método: 95.0 porcentaje LSD

Nivel	Casos	Media	Grupos Homogéneos
Sin selenio	45	11.8578	X
Con selenio	45	12.2464	X

ANOVA Simple - C mes tres por Tipo de suplementación

Variable dependiente: C mes tres

Factor: Tipo de suplementación

Número de observaciones: 90

Número de niveles: 2

Tabla ANOVA para C mes tres por Tipo de suplementación

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	12.2324	1	12.2324	4.76	0.0319
Intra grupos	226.361	88	2.57228		
Total (Corr.)	238.593	89			

Pruebas de Múltiple Rangos para C mes tres por Tipo de suplementación

Método: 95.0 porcentaje LSD

Nivel	Casos	Media	Grupos Homogéneos
Sin selenio	45	12.466	X
Con selenio	45	13.2033	X

ANOVA Simple - C mes cuatro por Tipo de suplementación

Tabla ANOVA para C mes cuatro por Tipo de suplementación

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	36.6595	1	36.6595	11.14	0.0012
Intra grupos	289.621	88	3.29114		
Total (Corr.)	326.28	89			

Pruebas de Múltiple Rangos para C mes cuatro por Tipo de suplementación

Método: 95.0 porcentaje LSD

Nivel	Casos	Media	Grupos Homogéneos
Sin selenio	45	12.5682	X
Con selenio	45	13.8447	X

e. Análisis estadístico de dureza

e.1. Efecto de diferentes tiempos para cada tipo de suplementación (con y sin selenio orgánico)

ANOVA Simple - Dureza Con Selenio por Tiempo

Tabla ANOVA para Dureza Con Selenio por Tiempo

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	18176.3	1	18176.3	1186.15	0.0000
Intra grupos	1348.49	88	15.3237		
Total (Corr.)	19524.8	89			

Pruebas de Múltiple Rangos para Dureza Con Selenio por Tiempo

Método: 95.0 porcentaje Duncan

Tiempo	Casos	Media	Grupos Homogéneos
Mes 4	45	28.6577	X
Mes 0	45	57.0801	X

ANOVA Simple - Dureza Sin Selenio por Tiempo

Tabla ANOVA para Dureza Sin Selenio por Tiempo

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	18065.6	1	18065.6	541.38	0.0000
Intra grupos	2936.51	88	33.3694		
Total (Corr.)	21002.2	89			

Pruebas de Múltiple Rangos para Dureza Sin Selenio por Tiempo

Método: 95.0 porcentaje Duncan

Tiempo	Casos	Media	Grupos Homogéneos
Mes 4	45	33.927	X
Mes 0	45	62.2628	X

e.2. Efecto del tipo de suplementación para cada tiempo

ANOVA Simple - Dureza mes cero por tipo de suplementación

Variable dependiente: Dureza mes cero

Factor: tipo de suplementación

Número de observaciones: 90

Número de niveles: 2

Tabla ANOVA para Dureza mes cero por tipo de suplementación

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	604.356	1	604.356	20.21	0.0000
Intra grupos	2631.26	88	29.9006		
Total (Corr.)	3235.61	89			

Pruebas de Múltiple Rangos para Dureza mes cero por tipo de suplementación

Método: 95.0 porcentaje Duncan

Nivel	Casos	Media	Grupos Homogéneos
Con selenio	45	57.0801	X
Sin selenio	45	62.2628	X

ANOVA Simple - Dureza mes cuatro por tipo de suplementación

Variable dependiente: Dureza mes cuatro

Factor: tipo de suplementación

Número de observaciones: 90

Número de niveles: 2

Tabla ANOVA para Dureza mes cuatro por tipo de suplementación

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	624.732	1	624.732	33.24	0.0000
Intra grupos	1653.74	88	18.7925		
Total (Corr.)	2278.47	89			

Pruebas de Múltiple Rangos para Dureza mes cuatro por tipo de suplementación

Método: 95.0 porcentaje Duncan

Nivel	Casos	Media	Grupos Homogéneos
Con selenio	45	28.6577	X
Sin selenio	45	33.927	X

f. Análisis estadístico de pérdida de agua por descongelación

f.1. Efecto de diferentes tiempos para cada tipo de suplementación (con y sin selenio orgánico).

ANOVA Simple – Pérdida de agua por descongelación con Selenio por Tiempo

Tabla ANOVA para Pérdida de agua por descongelación Con Selenio por Tiempo

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	208.2679639	3	69.42265465	46.73	0.0000
Intra grupos	83.20299126	56	1.485767701		
Total (Corr.)	291.4709552	59			

Pruebas de Múltiple Rangos para Pérdida de agua por descongelación Con Selenio por Tiempo

Método: 95.0 porcentaje Duncan

Tiempo	Casos	Media	Grupos Homogéneos
Mes 1	15	5.56816	X
Mes 2	15	6.60504	X
Mes 3	15	8.57806	X
Mes 4	15	10.42112667	X

ANOVA Simple – Pérdida de agua por descongelación Sin Selenio por Tiempo

Variable dependiente: Pérdida de agua por descongelación Sin Selenio

Factor: Tiempo

Número de observaciones: 60

Número de niveles: 4

Tabla ANOVA para Pérdida de agua por descongelación Sin Selenio por Tiempo

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	152.2342807	3	50.74476022	21.40	0.0000
Intra grupos	132.819554	56	2.371777749		
Total (Corr.)	285.0538346	59			

Pruebas de Múltiple Rangos para Pérdida de agua por descongelación Sin Selenio por Tiempo

Método: 95.0 porcentaje Duncan

Tiempo	Casos	Media	Grupos Homogéneos
Mes 1	15	7.044193333	X
Mes 2	15	8.08644	XX
Mes 3	15	9.182733333	X
Mes 4	15	11.34210667	X

f.2. Efecto del tipo de suplementación para cada tiempo

ANOVA Simple – Pérdida de agua por descongelación mes uno por tipo de suplementación

Variable dependiente: Pérdida de agua por descongelación mes uno

Factor: tipo de suplementación

Número de observaciones: 30

Número de niveles: 2

Tabla ANOVA para Pérdida de agua por descongelación mes uno por tipo de suplementación

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	16.34005801	1	16.34005801	12.58	0.0014
Intra grupos	36.36887999	28	1.298888571		
Total (Corr.)	52.70893799	29			

Pruebas de Múltiple Rangos para pérdida de agua por descongelación mes uno por tipo de suplementación

Método: 95.0 porcentaje Duncan

Nivel	Casos	Media	Grupos Homogéneos
Con selenio	15	5.56816	X
Sin selenio	15	7.044193333	X

a. **ANOVA Simple - Pérdida de agua por descongelación mes dos por tipo de suplementación**

Tabla ANOVA para Pérdida de agua por descongelación mes dos por tipo de suplementación

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	16.4590947	1	16.4590947	9.70	0.0042
Intra grupos	47.49130179	28	1.696117921		
Total (Corr.)	63.95039649	29			

Pruebas de Múltiple Rangos para Pérdida de agua por descongelación mes dos por tipo de suplementación

Método: 95.0 porcentaje Duncan

Nivel	Casos	Media	Grupos Homogéneos
Con selenio	15	6.60504	X
Sin selenio	15	8.08644	X

b. ANOVA Simple - Pérdida de agua por descongelación mes tres por tipo de suplementación

Variable dependiente: Pérdida de agua por descongelación mes tres

Factor: tipo de suplementación

Número de observaciones: 30

Número de niveles: 2

Tabla ANOVA para Pérdida de agua por descongelación mes tres por tipo de suplementación

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	2.7422238	1	2.7422238	2.57	0.1199
Intra grupos	29.83485751	28	1.065530625		
Total (Corr.)	32.57708131	29			

Pruebas de Múltiple Rangos para Pérdida de agua por descongelación mes tres por tipo de suplementación

Método: 95.0 porcentaje Duncan

Nivel	Casos	Media	Grupos Homogéneos
Con selenio	15	8.57806	X
Sin selenio	15	9.182733333	X

c. ANOVA Simple - Pérdida de agua por descongelación mes cuatro por tipo de suplementación

Tabla ANOVA para Pérdida de agua por descongelación mes cuatro por tipo de suplementación

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	6.361531203	1	6.361531203	1.74	0.1977
Intra grupos	102.3275059	28	3.654553784		
Total (Corr.)	108.6890371	29			

g. Análisis estadístico de la oxidación lipídica por el método del TBA

g.1. Efecto de diferentes tiempos para cada tipo de suplementación (con y sin selenio orgánico)

ANOVA Simple - TBA Con Selenio por Tiempo

Variable dependiente: TBA Con Selenio

Factor: Tiempo

Número de observaciones: 225

Número de niveles: 5

Tabla ANOVA para TBA Con Selenio por Tiempo

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	0.1265712556	4	0.03164281389	91.64	0.0000
Intra grupos	0.07596712667	220			
Total (Corr.)	0.2025383822	224			

Pruebas de Múltiple Rangos para TBA Con Selenio por Tiempo

Método: 95.0 porcentaje Duncan

Tiempo	Casos	Media	Grupos Homogéneos
Mes 0	45	0.094	X
Mes 1	45	0.09582222222	X
Mes 2	45	0.1146555556	X
Mes 3	45	0.1333	X
Mes 4	45	0.1567777778	X

ANOVA Simple - TBA Sin Selenio por Tiempo

Variable dependiente: TBA Sin Selenio

Factor: Tiempo

Número de observaciones: 225

Número de niveles: 5

Tabla ANOVA para TBA Sin Selenio por Tiempo

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	0.1803599588	4	0.04508998971	126.48	0.0000
Intra grupos	0.07843280978	220			
Total (Corr.)	0.2587927686	224			

Pruebas de Múltiple Rangos para TBA Sin Selenio por Tiempo

Método: 95.0 porcentaje Duncan

Tiempo	Casos	Media	Grupos Homogéneos
Mes 0	45	0.09613333333	X
Mes 1	45	0.1156533333	X
Mes 2	45	0.1363	X
Mes 3	45	0.1506666667	X
Mes 4	45	0.1783222222	X

g.2. Efecto del tipo de suplementación para cada tiempo

ANOVA Simple - Tbars mes cero por tipo de suplementación

Tabla ANOVA para Tbars mes cero por tipo de suplementación

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	0.0001024	1	0.0001024	0.23	0.6308
Intra grupos	0.03873848	88	0.00044021		
Total (Corr.)	0.03884088	89			

Pruebas de Múltiple Rangos para Tbars mes cero por tipo de suplementación

Método: 95.0 porcentaje Duncan

Nivel	Casos	Media	Grupos Homogéneos
Con selenio	45	0.094	X
Sin selenio	45	0.09613333333	X

ANOVA Simple - Tbars mes uno por tipo de suplementación

Variable dependiente: Tbars mes uno

Factor: tipo de suplementación

Número de observaciones: 90

Número de niveles: 2

Tabla ANOVA para Tbars mes uno por tipo de suplementación

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	0.008848641778	1	0.008848641778	28.70	0.0000
Intra grupos	0.02713336978	88			
Total (Corr.)	0.03598201156	89			

Pruebas de Múltiple Rangos para Tbars mes uno por tipo de suplementación

Método: 95.0 porcentaje Duncan

Nivel	Casos	Media	Grupos Homogéneos
Con selenio	45	0.09582222222	X
Sin selenio	45	0.1156533333	X

ANOVA Simple - Tbars mes dos por tipo de suplementación

Variable dependiente: Tbars mes dos

Factor: tipo de suplementación

Número de observaciones: 90

Número de niveles: 2

Tabla ANOVA para Tbars mes dos por tipo de suplementación

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	0.01054084444	1	0.01054084444	37.04	0.0000
Intra grupos	0.02504133111	88			
Total (Corr.)	0.03558217556	89			

Pruebas de Múltiple Rangos para Tbars mes dos por tipo de suplementación

Método: 95.0 porcentaje Duncan

Nivel	Casos	Media	Grupos Homogéneos
Con selenio	45	0.1146555556	X
Sin selenio	45	0.1363	X

ANOVA Simple - Tbars mes tres por tipo de suplementación

Tabla ANOVA para Tbars mes tres por tipo de suplementación

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	0.006786025	1	0.006786025	17.04	0.0001
Intra grupos	0.0350454	88			
Total (Corr.)	0.041831425	89			

Pruebas de Múltiple Rangos para Tbars mes tres por tipo de suplementación

Método: 95.0 porcentaje Duncan

Nivel	Casos	Media	Grupos Homogéneos
Con selenio	45	0.1333	X
Sin selenio	45	0.1506666667	X

ANOVA Simple - Tbars mes cuatro por tipo de suplementación

Variable dependiente: Tbars mes cuatro

Factor: tipo de suplementación

Número de observaciones: 90

Número de niveles: 2

Tabla ANOVA para Tbars mes cuatro por tipo de suplementación

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	0.01044366944	1	0.01044366944	32.31	0.0000
Intra grupos	0.02844135556	88			
Total (Corr.)	0.038885025	89			

Pruebas de Múltiple Rangos para Tbars mes cuatro por tipo de suplementación

Método: 95.0 porcentaje Duncan

Nivel	Casos	Media	Grupos Homogéneos
Con selenio	45	0.1567777778	X
Sin selenio	45	0.1783222222	X

h. Análisis estadístico de la actividad oxidativa por el método de DPPH

h.1. Efecto de diferentes tiempos para cada tipo de suplementación (con y sin selenio orgánico)

ANOVA Simple - DPPH con selenio por Tiempo

Variable dependiente: DPPH con selenio

Factor: Tiempo

Número de observaciones: 225

Número de niveles: 5

Tabla ANOVA para DPPH con selenio por Tiempo

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	652.918	4	163.23	60.12	0.0000
Intra grupos	597.36	220	2.71527		
Total (Corr.)	1250.28	224			

Pruebas de Múltiple Rangos para DPPH con selenio por Tiempo

Método: 95.0 porcentaje LSD

Tiempo	Casos	Media	Grupos Homogéneos
Mes 0	45	8.90444	X
Mes 1	45	12.2271	X
Mes 2	45	12.2464	X
Mes 3	45	13.2033	X
Mes 4	45	13.8447	X

ANOVA Simple - DPPH sin selenio por Tiempo

Variable dependiente: DPPH sin selenio

Factor: Tiempo

Número de observaciones: 225

Número de niveles: 5

Tabla ANOVA para DPPH sin selenio por Tiempo

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	450.915	4	112.729	44.91	0.0000
Intra grupos	552.196	220	2.50998		
Total (Corr.)	1003.11	224			

Pruebas de Múltiple Rangos para DPPH sin selenio por Tiempo

Método: 95.0 porcentaje LSD

Tiempo	Casos	Media	Grupos Homogéneos
Mes 0	45	8.70156	X
Mes 1	45	11.5858	X
Mes 2	45	11.8578	XX
Mes 3	45	12.466	XX
Mes 4	45	12.5682	X

h.2. Efecto del tipo de suplementación para cada tiempo

ANOVA Simple - DPPH mes cero por Tipo de suplementación

Tabla ANOVA para DPPH mes cero por Tipo de suplementación

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	10.1033	1	10.1033	0.46	0.4979
Intra grupos	1919.4	88	21.8113		
Total (Corr.)	1929.5	89			

Pruebas de Múltiple Rangos para DPPH mes cero por Tipo de suplementacion

Método: 95.0 porcentaje LSD

Nivel	Casos	Media	Grupos Homogéneos
Sin selenio	45	49.9196	X
Con selenio	45	50.5897	X

ANOVA Simple - DPPH mes uno por Tipo de suplementación

Tabla ANOVA para DPPH mes uno por Tipo de suplementacion

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	256.402	1	256.402	3.17	0.0782
Intra grupos	7107.35	88	80.7653		
Total (Corr.)	7363.75	89			

Pruebas de Múltiple Rangos para DPPH mes uno por Tipo de suplementación

Método: 95.0 porcentaje LSD

Nivel	Casos	Media	Grupos Homogéneos
Sin selenio	45	47.0247	X
Con selenio	45	50.4004	X

ANOVA Simple - DPPH mes dos por Tipo de suplementación

Variable dependiente: DPPH mes dos

Factor: Tipo de suplementación

Número de observaciones: 90

Número de niveles: 2

Tabla ANOVA para DPPH mes dos por Tipo de suplementación

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	154.812	1	154.812	2.43	0.1230
Intra grupos	5616.68	88	63.8259		
Total (Corr.)	5771.49	89			

Pruebas de Múltiple Rangos para DPPH mes dos por Tipo de suplementación

Método: 95.0 porcentaje LSD

Nivel	Casos	Media	Grupos Homogéneos
Sin selenio	45	44.05	X
Con selenio	45	46.6731	X

ANOVA Simple - DPPH mes tres por Tipo de suplementación

Variable dependiente: DPPH mes tres

Factor: Tipo de suplementación

Número de observaciones: 90

Número de niveles: 2

Tabla ANOVA para DPPH mes tres por Tipo de suplementacion

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	269.134	1	269.134	7.78	0.0065
Intra grupos	3042.96	88	34.5791		
Total (Corr.)	3312.09	89			

Pruebas de Múltiple Rangos para DPPH mes tres por Tipo de suplementación

Método: 95.0 porcentaje LSD

Nivel	Casos	Media	Grupos Homogéneos
Sin selenio	45	42.097	X
Con selenio	45	45.5556	X

ANOVA Simple - DPPH mes cuatro por Tipo de suplementación

Tabla ANOVA para DPPH mes cuatro por Tipo de suplementacion

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	358.478	1	358.478	12.76	0.0006
Intra grupos	2472.44	88	28.0959		
Total (Corr.)	2830.91	89			

Pruebas de Múltiple Rangos para DPPH mes cuatro por Tipo de suplementación

Método: 95.0 porcentaje LSD

Nivel	Casos	Media	Grupos Homogéneos
Sin selenio	45	41.2349	X
Con selenio	45	45.2265	X

i. Análisis estadístico de ácidos grasos

i.1. Efecto del tipo de suplementación para cada tiempo

ANOVA Simple - C 14:0 (Mirístico) por tipo de suplementación

Variable dependiente: C 14:0 (Mirístico)

Factor: tipo de suplementación

Número de observaciones: 4

Número de niveles: 2

Tabla ANOVA para C 14:0 (Mirístico) por tipo de suplementación

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	0.000625	1	0.000625	0.16	0.7284
Intra grupos	0.00785	2	0.003925		
Total (Corr.)	0.008475	3			

Pruebas de Múltiple Rangos para C 14:0 (Mirístico) por tipo de suplementación

Método: 95.0 porcentaje Duncan

Nivel	Casos	Media	Grupos Homogéneos
Sin selenio	2	1.37	X
Con selenio	2	1.395	X

ANOVA Simple - C 16:0 (Palmítico) por tipo de suplementación

Variable dependiente: C 16:0 (Palmítico)

Factor: tipo de suplementación

Número de observaciones: 4

Número de niveles: 2

Tabla ANOVA para C 16:0 (Palmítico) por tipo de suplementación

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	0.0001	1	0.0001	0.00	0.9837
Intra grupos	0.3757	2	0.18785		
Total (Corr.)	0.3758	3			

Pruebas de Múltiple Rangos para C 16:0 (Palmítico) por tipo de suplementación

Método: 95.0 porcentaje Duncan

Nivel	Casos	Media	Grupos Homogéneos
Con selenio	2	23.775	X
Sin selenio	2	23.785	X

ANOVA Simple - C 16:1 (Palmitoleico) por tipo de suplementación

Variable dependiente: C 16:1 (Palmitoleico)

Factor: tipo de suplementación

Número de observaciones: 4

Número de niveles: 2

Tabla ANOVA para C 16:1 (Palmitoleico) por tipo de suplementación

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	0.442225	1	0.442225	333.75	0.0030
Intra grupos	0.00265	2	0.001325		
Total (Corr.)	0.444875	3			

Pruebas de Múltiple Rangos para C 16:1 (Palmitoleico) por tipo de suplementación

Método: 95.0 porcentaje Duncan

Nivel	Casos	Media	Grupos Homogéneos
Con selenio	2	1.795	X
Sin selenio	2	2.46	X

ANOVA Simple - C:17:0 (Heptadecaenoico) por tipo de suplementación

Variable dependiente: C:17:0 (Heptadecaenoico)

Factor: tipo de suplementación

Número de observaciones: 4

Número de niveles: 2

Tabla ANOVA para C:17:0 (Heptadecaenoico) por tipo de suplementacion

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	0.004225	1	0.004225	33.80	0.0283
Intra grupos	0.00025	2	0.000125		
Total (Corr.)	0.004475	3			

Pruebas de Múltiple Rangos para C:17:0 (Heptadecaenoico) por tipo de suplementación

Método: 95.0 porcentaje Duncan

Nivel	Casos	Media	Grupos Homogéneos
Sin selenio	2	0.245	X
Con selenio	2	0.31	X

ANOVA Simple - C 18:0 (Esteárico) por tipo de suplementación

Variable dependiente: C 18:0 (Esteárico)

Factor: tipo de suplementación

Número de observaciones: 4

Número de niveles: 2

Tabla ANOVA para C 18:0 (Esteárico) por tipo de suplementación

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	0.245025	1	0.245025	47.81	0.0203
Intra grupos	0.01025	2	0.005125		
Total (Corr.)	0.255275	3			

Pruebas de Múltiple Rangos para C 18:0 (Esteárico) por tipo de suplementación

Método: 95.0 porcentaje Duncan

Nivel	Casos	Media	Grupos Homogéneos
Sin selenio	2	10.89	X
Con selenio	2	11.385	X

ANOVA Simple - C 18:1 n-9 (Oleico) por tipo de suplementación

Variable dependiente: C 18:1 n-9 (Oleico)

Factor: tipo de suplementación

Número de observaciones: 4

Número de niveles: 2

Tabla ANOVA para C 18:1 n-9 (Oleico) por tipo de suplementación

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	28.355625	1	28.355625	899.46	0.0011
Intra grupos	0.06305	2	0.031525		
Total (Corr.)	28.418675	3			

Pruebas de Múltiple Rangos para C 18:1 n-9 (Oleico) por tipo de suplementación

Método: 95.0 porcentaje Duncan

Nivel	Casos	Media	Grupos Homogéneos
Con selenio	2	34.14	X
Sin selenio	2	39.465	X

ANOVA Simple - C 18:1 n-7 (Vaccenico) por tipo de suplementación

Tabla ANOVA para C 18:1 n-7 (Vaccenico) por tipo de suplementación

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	0.6724	1	0.6724	791.06	0.0013
Intra grupos	0.0017	2	0.00085		
Total (Corr.)	0.6741	3			

Pruebas de Múltiple Rangos para C 18:1 μ -7 (Vaccenico) por tipo de suplementación

Método: 95.0 porcentaje Duncan

Nivel	Casos	Media	Grupos Homogéneos
Con selenio	2	2.315	X
Sin selenio	2	3.135	X

ANOVA Simple - C 18:2 μ -6 (Linoleico)* por tipo de suplementación

Variable dependiente: C 18:2 μ -6 (Linoleico)*

Factor: tipo de suplementación

Número de observaciones: 4

Número de niveles: 2

Tabla ANOVA para C 18:2 μ -6 (Linoleico)* por tipo de suplementación

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	35.2836	1	35.2836	556.52	0.0018
Intra grupos	0.1268	2	0.0634		
Total (Corr.)	35.4104	3			

Pruebas de Múltiple Rangos para C 18:2 μ -6 (Linoleico)* por tipo de suplementación

Método: 95.0 porcentaje Duncan

Nivel	Casos	Media	Grupos Homogéneos
Sin selenio	2	15.9	X
Con selenio	2	21.84	X

ANOVA Simple - C 18:3 μ -3 (α -Linolénico) por tipo de suplementación

Tabla ANOVA para C 18:3 μ -3 (α -Linolénico) por tipo de suplementación

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	0.042025	1	0.042025	1681.00	0.0006
Intra grupos	0.00005	2	0.000025		
Total (Corr.)	0.042075	3			

Pruebas de Múltiple Rangos para C 18:3 n-3 (α -Linolénico) por tipo de suplementación

Método: 95.0 porcentaje Duncan

Nivel	Casos	Media	Grupos Homogéneos
Sin selenio	2	0.485	X
Con selenio	2	0.69	X

ANOVA Simple - C 20:1 n-9 (Eicosaenoico) por tipo de suplementación

Variable dependiente: C 20:1 n-9 (Eicosaenoico)

Factor: tipo de suplementación

Número de observaciones: 4

Número de niveles: 2

Tabla ANOVA para C 20:1 n-9 (Eicosaenoico) por tipo de suplementación

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	0.002025	1	0.002025	6.23	0.1299
Intra grupos	0.00065	2	0.000325		
Total (Corr.)	0.002675	3			

Pruebas de Múltiple Rangos para C 20:1 n-9 (Eicosaenoico) por tipo de suplementación

Método: 95.0 porcentaje Duncan

Nivel	Casos	Media	Grupos Homogéneos
Con selenio	2	0.57	X
Sin selenio	2	0.615	X

ANOVA Simple - C 20:2 (Eicosadienoico) por tipo de suplementación

Variable dependiente: C 20:2 (Eicosadienoico)

Factor: tipo de suplementación

Número de observaciones: 4

Número de niveles: 2

Tabla ANOVA para C 20:2 (Eicosadienoico) por tipo de suplementación

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	0.0196	1	0.0196	43.56	0.0222
Intra grupos	0.0009	2	0.00045		
Total (Corr.)	0.0205	3			

Pruebas de Múltiple Rangos para C 20:2 (Eicosadienoico) por tipo de suplementación

Método: 95.0 porcentaje Duncan

Nivel	Casos	Media	Grupos Homogéneos
Sin selenio	2	0.555	X
Con selenio	2	0.695	X

ANOVA Simple - C 20:3 n-6 (Eicosatrienoico) por tipo de suplementación

Variable dependiente: C 20:3 n-6 (Eicosatrienoico)

Factor: tipo de suplementación

Número de observaciones: 4

Número de niveles: 2

Tabla ANOVA para C 20:3 n-6 (Eicosatrienoico) por tipo de suplementación

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	0.0009	1	0.0009	0.44	0.5757
Intra grupos	0.0041	2	0.00205		
Total (Corr.)	0.005	3			

Pruebas de Múltiple Rangos para C 20:3 n-6 (Eicosatrienoico) por tipo de suplementación

Método: 95.0 porcentaje Duncan

Nivel	Casos	Media	Grupos Homogéneos
Con selenio	2	0.775	X
Sin selenio	2	0.805	X

ANOVA Simple - SATURADOS por Tipo de suplementación

Variable dependiente: SATURADOS

Factor: Tipo de suplementación

Número de observaciones: 4

Número de niveles: 2

Tabla ANOVA para SATURADOS por Tipo de suplementación

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	0.330625	1	0.330625	1.47	0.3486
Intra grupos	0.44865	2	0.224325		
Total (Corr.)	0.779275	3			

Pruebas de Múltiple Rangos para SATURADOS por Tipo de suplementación

Método: 95.0 porcentaje Duncan

Nivel	Casos	Media	Grupos Homogéneos
Sin selenio	2	36.29	X
Con selenio	2	36.865	X

ANOVA Simple - MONOINSATURADOS por Tipo de suplementación

Tabla ANOVA para MONOINSATURADOS por Tipo de suplementación

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	46.991025	1	46.991025	1315.35	0.0008
Intra grupos	0.07145	2	0.035725		
Total (Corr.)	47.062475	3			

Pruebas de Múltiple Rangos para MONOINSATURADOS por Tipo de suplementación

Método: 95.0 porcentaje Duncan

Nivel	Casos	Media	Grupos Homogéneos
Con selenio	2	38.82	X
Sin selenio	2	45.675	X

ANOVA Simple - POLINSATURADOS por Tipo de suplementación

Variable dependiente: POLINSATURADOS

Factor: Tipo de suplementación

Número de observaciones: 4

Número de niveles: 2

Tabla ANOVA para POLINSATURADOS por Tipo de suplementación

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	39.125025	1	39.125025	404.50	0.0025
Intra grupos	0.19345	2	0.096725		
Total (Corr.)	39.318475	3			

Pruebas de Múltiple Rangos para POLINSATURADOS por Tipo de suplementación

Método: 95.0 porcentaje Duncan

Nivel	Casos	Media	Grupos Homogéneos
Sin selenio	2	17.745	X
Con selenio	2	24.0	X

ANOVA Simple - AGPI/AGS por Tipo de suplementación

Tabla ANOVA para AGPI/AGS por Tipo de suplementación

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	0.0256	1	0.0256	64.00	0.0153
Intra grupos	0.0008	2	0.0004		
Total (Corr.)	0.0264	3			

Pruebas de Múltiple Rangos para AGPI/AGS por Tipo de suplementación

Método: 95.0 porcentaje Duncan

Nivel	Casos	Media	Grupos Homogéneos
Sin selenio	2	0.49	X
Con selenio	2	0.65	X

ANOVA Simple - μ -3 por Tipo de suplementación

Variable dependiente: μ -3

Factor: Tipo de suplementación

Número de observaciones: 4

Número de niveles: 2

Tabla ANOVA para μ -3 por Tipo de suplementación

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	0.042025	1	0.042025	1681.00	0.0006
Intra grupos	0.00005	2	0.000025		
Total (Corr.)	0.042075	3			

Pruebas de Múltiple Rangos para μ -3 por Tipo de suplementación

Método: 95.0 porcentaje Duncan

Nivel	Casos	Media	Grupos Homogéneos
Sin selenio	2	0.485	X
Con selenio	2	0.69	X

ANOVA Simple - μ -6 por Tipo de suplementación

Tabla ANOVA para μ -6 por Tipo de suplementación

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	34.9281	1	34.9281	395.79	0.0025
Intra grupos	0.1765	2	0.08825		
Total (Corr.)	35.1046	3			

Pruebas de Múltiple Rangos para μ -6 por Tipo de suplementación

Método: 95.0 porcentaje Duncan

Nivel	Casos	Media	Grupos Homogéneos
Sin selenio	2	16.705	X
Con selenio	2	22.615	X

ANOVA Simple - μ -6/ μ -3 por Tipo de suplementación

Variable dependiente: μ -6/ μ -3

Factor: Tipo de suplementación

Número de observaciones: 4

Número de niveles: 2

Tabla ANOVA para μ -6/ μ -3 por Tipo de suplementación

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	2.7889	1	2.7889	10.65	0.0824
Intra grupos	0.5237	2	0.26185		
Total (Corr.)	3.3126	3			

Pruebas de Múltiple Rangos para μ -6/ μ -3 por Tipo de suplementación

Método: 95.0 porcentaje Duncan

Nivel	Casos	Media	Grupos Homogéneos
Con selenio	2	32.775	X
Sin selenio	2	34.445	X