

UNIVERSIDAD DE PANAMÁ
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
ESCUELA DE CIENCIAS PECUARIAS

**EFFECTO DE LA SUPLEMENTACIÓN DE VITAMINA E SOBRE LA
OXIDACIÓN LIPÍDICA, COLOR, PH Y CAPACIDAD DE
RETENCIÓN DE AGUA EN LA CARNE DE CERDO**

POR:
KADY KARLEM GONZÁLEZ CAMPINES

CED: 9-726-190

DAVID, CHIRIQUÍ
REPÚBLICA DE PANAMÁ

2009

**EFFECTO DE LA SUPLEMENTACIÓN DE VITAMINA E SOBRE LA
OXIDACIÓN LIPÍDICA, COLOR, PH Y CAPACIDAD DE RETENCIÓN DE
AGUA EN LA CARNE DE CERDO**

**TRABAJO DE GRADUACIÓN SOMETIDO PARA OPTAR POR EL TÍTULO DE
INGENIERA AGRÓNOMA ZOOTECNISTA**

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

ESCUELA DE CIENCIAS PECUARIAS

**PERMISO PARA SU PUBLICACIÓN, REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL
DEBE SER OBTENIDO DE LA FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS**

APROBADO:

ING. AUDINO MELGAR M.

DIRECTOR

ING. ADRIANO SAUCEDO

ASESOR

LIC. CARLOS I. SALDAÑA

ASESOR

DAVID, CHIRIQUÍ

REPÚBLICA DE PANAMÁ

2009

AGRADECIMIENTO

Quiero agradecer ante todo, a Dios por permitirme llegar a la culminación de mi carrera exitosamente, por darme fortaleza y optimismo para seguir adelante en los momentos difíciles y a la Virgen María por su protección en este tiempo que estuve lejos de mi familia y escuchar mis oraciones.

Este trabajo hoy es una realidad, gracias a mi papá Modesto González por su apoyo brindado, su confianza y por su cariño, a mi mamá Benedicta de González, gracias a sus consejos, que han hecho de mi una persona de bien, a mis hermanas Kathia y Karen González por ser las mejores hermanas del mundo, gracias por apoyarme, por estar ahí siempre cuando las necesito y por sus atinados consejos.

También quiero agradecer a las personas que de una u otra forma colaboraron en la realización de este proyecto, especialmente a mi director de tesis, ingeniero Audino Melgar, gracias por guiarme en el desarrollo de este trabajo, por su tiempo y dedicación, de igual forma al ingeniero Adriano Saucedo por todas sus enseñanzas y consejos brindados, al Licenciado Carlos Saldaña , por su ayuda y disposición brindada.

Al ingeniero Concepción Trujillo, por su ayuda durante la duración del ensayo en la granja porcina de la Facultad de Ciencias Agropecuarias, al Ingeniero Madrid, a los señores Javier, Gilberto, Armando, Anel, mil gracias.

Agradecimiento especial para el Señor Tony de Embutidos Tony de Las Lomas, por brindarme ayuda con la toma de las muestras cárnicas.

A mi compañero y amigo Abdel González por sus consejos y su ayuda, a Yarel Cedeño, Lyssette Morán, Kristel Flores, gracias por todos los momentos compartidos.

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mis padres Modesto González y Benedicta de González, a mis hermanas Karen González y Kathia González, por creer en mí y brindarme todo su apoyo incondicional. Ustedes son la razón por la cual dedique todo mi esfuerzo a esta hermosa carrera, que una vez vi como un sueño y hoy lo veo materializado gracias a ustedes, los quiero mucho.

EFFECTO DE LA SUPLEMENTACIÓN DE VITAMINA E SOBRE LA OXIDACIÓN LIPÍDICA, COLOR, PH Y CAPACIDAD DE RETENCIÓN DE AGUA EN LA CARNE DE CERDO

González, K.K. 2009. Efecto de la suplementación de vitamina E sobre la oxidación lipídica, color, pH y capacidad de retención de agua en la carne de cerdo. Tesis Ingeniera Zootecnista. Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad de Panamá. Chiriquí, Panamá. 75 p.

RESUMEN

Con el objetivo de estimar el efecto de la suplementación de Vitamina E sobre la oxidación lipídica, pH, color y capacidad de retención de agua en la carne porcina, se utilizaron 21 animales machos castrados y hembras, en etapa de finalización con peso promedio de 57 ± 2 kilogramos. Los cerdos fueron separados aleatoriamente en tres grupos y suplementados por 44 días con una fuente de vitamina E, a razón de $T_1=0$, $T_2=500$ y $T_3=1000$ UI/animal/día. Se colectaron muestras del *Longissimus dorsi* 24 horas después del sacrificio, se dividieron en cuatro submuestras y se conservaron a 4°C hasta ser analizadas al día 3, 7, 14 y 21 de maduración. Los datos fueron dispuestos en un DCA con arreglo de parcelas divididas, donde la parcela principal fue la dosis de vitamina E y las subparcelas los días de maduración. La oxidación lipídica medida a través del valor de peroxidación disminuyó significativamente ($P < 0.05$), al aumentar la dosis de vitamina E (13.1, 11.3 y 10.5 miliequivalentes O_2 /kilogramo de muestra, para T_1 , T_2 y T_3 , respectivamente) y no mostró diferencias con el tiempo de maduración. El color tendió a mejorar con la dosis de vitamina E ($P < 0.05$). En cambio, con el tiempo de maduración la carne fue perdiendo color ($P < 0.0001$). El pH de la carne fue similar con las dosis de vitamina E ($P > 0.05$), pero disminuyó de 6.10 a 5.76 con el tiempo de maduración. La capacidad de retención de agua determinada a través del agua expelida fue incrementada por la dosis de vitamina E ($P < 0.01$), registrando valores respectivos para T_1 , T_2 y T_3 de 11.2%, 10.1% y 8.4%. Con el tiempo de maduración, la carne perdió capacidad de retención de agua ($P < 0.001$). Solo se detectó interacción entre tratamiento y días de maduración para la variable color. La suplementación de vitamina E en la etapa de finalización de cerdos es una estrategia eficaz para proteger la carne de la oxidación de los lípidos, disminución del pH y la pérdida de agua, mejorando su calidad tecnológica.

PALABRAS CLAVES: Vitamina E, oxidación, color, pH, capacidad de retención de agua, tiempo de maduración.

EFFECT OF VITAMIN E SUPPLEMENTATION ON LIPID OXIDATION, COLOR, PH AND WATER-HOLDING CAPACITY OF PORK.

González, K.K. 2009. Effect of vitamin E supplementation on lipid oxidation, color, ph and water-holding capacity of pork. Thesis Ingeniera Zootecnista. Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad de Panamá. Chiriquí, Panamá. 75 p.

ABSTRACT

In order to estimate the effect of vitamin E supplementation on lipid oxidation, pH, color and water-holding capacity of pork, 21 finishing pigs, castrated male and female, with an average weight of 57 ± 2 kg were used. The pigs were divided randomly into three groups and supplemented for 44 days with a source of vitamin E, using a dose level of $T_1 = 0$, $T_2 = 500$ and $T_3 = 1000$ IU/animal/day. Samples from the *Longissimus dorsi* were collected 24 hours after slaughter, were divided into four subsamples and stored at 4°C until analyzed at day 3, 7, 14 and 21 of maturation. Data were analyzed with a completely randomized design under split plot, where the main plot was the dose of vitamin E and subplots was time of maturity. Measured by the value of peroxidation, lipid oxidation decreased significantly ($P < 0.05$) when increasing the dose of vitamin E (13.1, 11.3 and 10.5 mEq O_2 /kg of sample, for T_1 , T_2 and T_3 , respectively) and did not show differences with time of maturation. The color tended to improve with the dose of vitamin E ($P < 0.05$). In contrast, the color decreased with time of maturation ($P < 0.0001$). The dose of vitamin E did not affect pH of meat ($P > 0.05$) but was decreased from 6.10 to 5.76 with time of maturation. The water-holding capacity determined by the water expelled was increased by dose of vitamin E ($P < 0.01$), registering values for T_1 , T_2 and T_3 in 11.2%, 10.1% and 8.4%, respectively. The meat lost water-holding capacity ($P < 0.001$) with the time of maturation. Interaction between treatment and time of maturation only was detected for the variable color. Vitamin E supplementation on finishing pigs is an effective strategy to protect the meat from the oxidation of lipids, decrease in pH and water loss, improving their technological quality.

KEY WORDS: Vitamin E, oxidation, color, pH, water-holding capacity, time of maturity.

INDICE DE CONTENIDO

	<i>Página</i>
PÁGINA DE TÍTULO	i
PÁGINA DE APROBACIÓN	ii
AGRADECIMIENTO	iii
DEDICATORIA	v
RESUMEN	vi
ABSTRACT	vii
INDICE DE CONTENIDO	viii
INDICE DE CUADRO	ix
INDICE DE GRAFICOS	xii
INDICE DE ANEXOS	xiii
I. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Planteamiento del problema a investigar.....	2
1.2. Antecedentes.....	3
1.3. Justificación.....	4
1.4. Objetivos.....	5
1.4.1. Objetivo General.....	5
1.4.2. Objetivo Específico.....	5
1.5. Hipótesis.....	6
1.6. Alcances y limitaciones del estudio.....	6
II. REVISIÓN DE LITERATURA	8
2.1. Definición y generalidades de la vitamina E.....	8
2.2.1. Efecto de la vitamina E en la calidad de la carne.....	9
2.3. La oxidación de los lípidos y sus efectos en la calidad de la carne porcina.....	12
2.4. La vitamina E y su efecto en la oxidación de los lípidos.....	14
2.5. El color muscular en la carne de cerdo.....	15

2.6. Interpretación del color de la carne.....	17
2.7. Variaciones del pH en la carne.....	18
2.7.1. Factores que influyen en la caída postmortem del pH.....	20
2.7.2. Proceso glucólisis postmortem.....	21
2.8. Capacidad de retención de agua de la carne.....	21
2.9. Maduración de la carne.....	25
2.9.1 Etapas del proceso de maduración.....	26
2.9.1.1. Prerigor.....	26
2.9.1.2. Rigor <i>mortis</i>	27
2.9.1.3. Posrigor o maduración.....	28
2.9.2. Conservación de la carne.....	28
2.9.2.1. Refrigeración de la carne.....	28
2.9.2.2. Congelación.....	29
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	30
3.1. Sitio experimental.....	30
3.2. Descripción de las instalaciones.....	30
3.3. Unidades experimentales.....	31
3.4. Tratamiento.....	31
3.5 Alimentación.....	32
3.6. Tipo de muestras.....	33
3.7. Variables de Respuestas.....	33
3.7.1. Oxidación de los lípidos.....	33
3.7.2. Estabilidad del color.....	34
3.7.3. Cambios en el pH.....	34
3.7.4. Capacidad de retención de agua.....	34
3.8. Duración del experimento.....	35
3.9. Diseño experimental.....	35
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	36
4.1. Oxidación lipídica.....	36
4.2. Color.....	43
4.3. pH de la carne.....	46

4.4. Capacidad de retención de agua.....	51
V. CONCLUSIONES.....	55
VI. RECOMENDACIONES.....	56
VII. BIBLIOGRAFÍA.....	57

INDICE DE CUADROS

N°	Título	Página
CUADRO I.	Componentes utilizados en la ración.....	32
CUADRO II.	Análisis de varianza para el efecto de la suplementación de vitamina E sobre la oxidación lipídica en la carne de cerdo.....	38
CUADRO III.	Comparación de medias para el efecto de la suplementación de vitamina E sobre la oxidación lipídica, color, pH, y capacidad de retención de agua en la carne de cerdo.....	37
CUADRO IV.	Comparación de medias para el efecto del tiempo de maduración sobre la oxidación lipídica, color, pH, y capacidad de retención de agua de la carne de cerdo.....	41
CUADRO V.	Análisis de varianza para el efecto de la suplementación de vitamina E sobre el color de la carne de cerdo.....	43
CUADRO VI.	Análisis de varianza para el efecto de la suplementación de vitamina E sobre el pH de la carne de cerdo.....	46
CUADRO V	Análisis de varianza para el efecto de la suplementación de vitamina E sobre la capacidad de retención de agua de la carne de cerdo.....	51

ÍNDICE DE FIGURAS

N°	Título	Página
FIGURA 1.	Efecto de interacción entre la dosis de vitamina E por el tiempo de maduración sobre la oxidación lipídica en la carne de cerdo.....	42
FIGURA 2.	Efecto de interacción entre la dosis de vitamina E por el tiempo de maduración sobre el color en la carne de cerdo.....	45
FIGURA 3.	Efecto de interacción entre la dosis de vitamina E por el tiempo de maduración sobre el pH en la carne de cerdo.....	50
FIGURA 4.	Efecto de interacción entre la dosis de vitamina E por el tiempo de maduración sobre la capacidad de retención de agua en la carne de cerdo.....	54

INDICE DE ANEXO

N°	Título	Página
ANEXO 1.	Etiqueta de la fuente de vitamina e utilizada en el estudio...	63
ANEXO 2.	Rutina de limpieza de los corrales antes del suministro del alimento a los cerdos.....	64
ANEXO 3.	Rutina de alimentación de los cerdos durante los 44 días de suplementación.....	65
ANEXO 4.	Colecta de muestras de <i>Longissimus dorsi</i> en la planta procesadora de Embutidos Tony.....	66
ANEXO 5.	Colecta de <i>Longissimus dorsi</i> en la planta de Embutidos Tony en Las Lomas.....	67
ANEXO 6.	Separación de las muestras de <i>Longissimus dorsi</i> en la planta procesadora de embutidos Tony en Las Lomas.....	68
ANEXO 7.	Almacenamiento de las muestras de <i>Longissimus dorsi</i> para ser trasportadas al laboratorio de bromatología de IDIAP.....	69
ANEXO 8.	Muestra de <i>Longissimus dorsi</i> colectado por el estudio colectado por el estudio.....	70
ANEXO 9.	Conservación de las muestras a ser analizadas a diferentes días de maduración.....	71
ANEXO 10.	Preparación de las muestras para el análisis de oxidación lipídica.....	72
ANEXO 11.	Pesaje de muestras para la determinación de retención de agua en las muestras.....	73
ANEXO 12.	Medición del porcentaje de agua expelida para la determinación de la capacidad de retención de agua.....	74
ANEXO 13.	Medición de pH en las muestras cárnicas.....	75

I. INTRODUCCIÓN

La calidad de la carne es un concepto plural que no tiene una definición única. La importancia de los diferentes aspectos cualitativos difiere en función del segmento de la cadena cárnica que los analice. Para la carne fresca, atributos como el color, la cantidad de grasa, la ternura, jugosidad y sabor son vitales para la decisión de la compra. Mientras que para la carne procesada, la atención se centra en factores como el pH, la capacidad de retención de agua, estabilidad oxidativa y ausencia de sabores anómalos. La importancia de cada uno de ellos también dependerá de si el destino final del producto elaborado es para cocidos o curado.

El olor, sabor, el color y la capacidad de retención de agua constituyen características relevantes de la calidad de la carne de cerdo que influyen en la aceptabilidad por los consumidores. Tales propiedades pueden ser modificadas, durante el almacenamiento postsacrificio por las reacciones de oxidación lipídica susceptibles de generarse en el músculo apareciendo aromas rancios indeseables, coloraciones oscuras derivadas del acúmulo de metamioglobina y reducción de la capacidad de retención de agua, por pérdidas por goteo, que además de disminuir el valor ponderal de las piezas de la canal, afecta la jugosidad de la carne al inicio de la masticación, a la percepción del color y a la

sensación de dureza y la composición química del músculo y, como consecuencia, a su valor nutritivo (vitaminas, sales, minerales, etc).

En este trabajo presentamos un estudio sobre el efecto de la adición de vitamina E como antioxidante en la dieta de un grupo de cerdos, con el propósito de evaluar algunas características como la exudación de la carne (pérdida de agua) y el rápido deterioro (oxidación de lípidos, pérdida del color y caída drástica del pH), que influyen sobre la calidad del producto cárnico.

1.1. Planteamiento del problema a investigar.

El mejoramiento de la vida de anaquel de la carne se ha percibido desde el momento en que esta se expendió al público con fines de comercio. Las primeras muestras fueron definidas por nuestros ancestros cuando empezaron a conservar la carne proveniente de la cacería con los métodos de salado, ahumado o deshidratado.

En las últimas cuatro décadas, la transformación del consumidor pasivo a un consumidor cognoscitivo ha puesto presión sobre los sistemas de producción para alcanzar niveles de calidad en la preservación y contenido nutricional de los productos. Por lo tanto, la apariencia de las carnes (color, textura, marmoleo y jugosidad) son los atributos primarios en la toma de decisión. El acrecentar y mantener en tiempo el color de la carne expuesta en el anaquel refrigerado ha

sido la búsqueda de la industria cárnica por muchos años. Los fenómenos oxidativos y en particular la oxidación lipídica son uno de los principales responsables de la pérdida de calidad en la carne y en los productos cárnicos. Como consecuencia de estos procesos se generan compuestos que pueden afectar el sabor, color y textura de la carne disminuyendo la aceptabilidad por parte del consumidor y reduciendo su valor nutritivo. Para evitar esto, en la literatura se indica que la suplementación de antioxidantes como la vitamina E en la dieta de determinados animales es una de las estrategias más eficaces para proteger la carne de la oxidación de los lípidos y proporcionarle una vida de anaquel más larga. Según nos comenta Oldfield (2003), existe la necesidad de entregar a los consumidores productos de calidad óptima, dentro de estas constantes, la frescura de los cortes expuestos en los diversos anaqueles ya sea de carnicerías o supermercados corresponde a la principal inquietud de las empresas encargadas de la venta al público.

1.2. Antecedentes.

Según Consumer Eroski (2006) un estudio de nutricionistas norteamericanos publicado en la revista Meat Processing Global revela la importancia que tiene la vitamina E en la carne de cerdo. Según estos expertos, se trata de una sustancia esencial que contribuye a mejorar la calidad nutritiva de este tipo de carne. En sus estudios sugieren que niveles aproximados de 200 miligramos de vitamina E por kilogramo de alimento destinado a la alimentación de cerdos, disminuyó la pérdida de agua, mejoró la estabilidad del color, especialmente en

los músculos con una alta capacidad de oxidación, y aumentó la calidad nutritiva y capacidad de conservación de la carne. Por esta razón los nutricionistas insisten en la importancia de introducir la vitamina E en la alimentación porcina puesto que la carne de este animal contiene por sí misma un escaso contenido y aporta una pequeña parte de la cantidad diaria recomendada para adultos. Estudios realizados por Yang y col. (2002) revelan que la vitamina E ofrece beneficios debido a su relación con la grasa; la vitamina E se almacena en el tejido graso de animales y después del sacrificio sigue activa como antioxidante. Esta es la razón por la cual la vitamina E puede reducir la tasa de oxidación durante la vida útil de carne. El aumento de la ingesta dietética de vitamina E en la alimentación, por un tiempo prolongado puede mejorar y aumentar la capacidad de retención de agua y disminuye la oxidación en la carne de cerdo (Popa y col., 2006).

1.3. Justificación.

Lograr que la carne fresca aumente su vida de anaquel mediante la permanencia de sus características tecnológicas es uno de objetivos de diversas investigaciones, según (Manu-Tawiah y col., 1991). Actualmente se han desarrollado técnicas para extender la vida de anaquel de la carne fresca empacada mediante el uso de productos químicos y atmósferas modificadas. Se ha observado que la suplementación de vitamina E en la dieta incrementa los niveles de α -tocoferol en el tejido muscular (Araiza, 2001), retrasa la oxidación de la mioglobina y de los lípidos; por lo tanto, prolonga su estabilidad

(Eikelenboom y col., 2000). Sin embargo, hay diferencias entre los sistemas de producción incluyendo la alimentación que pueden afectar el potencial uso de la Vitamina E con el objetivo anteriormente indicado. El uso de la Vitamina E en la dieta del animal puede frenar la decoloración temprana (Yang y col., 2002) de la carne durante el proceso de maduración.

Actualmente en Panamá, no se ha desarrollado investigaciones tendientes a mejorar la vida de anaquel y estabilidad del color de la carne fresca, que permita un incremento en la comercialización de la misma. En este sentido, el uso de la vitamina E puede ser una alternativa viable de fácil introducción en los sistemas de producción cárnica panameña.

1.4. Objetivos.

1.4.1. Objetivo general.

- Evaluar el efecto de la vitamina E sobre las características tecnológicas en la carne de cerdo.

1.4.2. Objetivos específicos.

- Determinar el efecto de la dosis de vitamina E sobre la oxidación lipídica, color, pH y capacidad de retención de agua en la carne de cerdo.
- Evaluar el efecto del tiempo de maduración sobre la oxidación lipídica, color, pH y capacidad de retención de agua en la carne de cerdo.

1.5. Hipótesis.

Para objetivo 1.

Ho: La dosis de vitamina E no tiene efecto estadísticamente significativo sobre la oxidación lipídica, color, pH y capacidad de retención de agua en la carne de cerdo.

Ha: La dosis de vitamina E tiene efecto estadísticamente significativo sobre la oxidación lipídica, color, pH y capacidad de retención de agua en la carne de cerdo.

Para objetivo 2.

Ho: El tiempo de maduración no tiene efecto estadísticamente significativo sobre la oxidación lipídica, color, pH y capacidad de retención de agua en la carne de cerdo.

Ho: El tiempo de maduración tiene efecto estadísticamente significativo sobre la oxidación lipídica, color, pH y capacidad de retención de agua en la carne de cerdo.

1.6. Alcances y limitaciones del estudio.

Lo que se busca con esta investigación es lograr que en nuestro país se comercialice una carne de cerdo de mejor calidad y más segura para el consumidor. Como bien es sabido, en el procesamiento de la carne de cerdo, se utilizan muchos aditivos con la finalidad de aumentar su vida útil y hacerla más atractiva a la vista del cliente. Sin embargo, muchos de estos productos, no ofrecen la seguridad tan buscada por los clientes. De esta forma, con el uso de antioxidantes como la vitamina E, se ve beneficiado, tanto el carnicero, como el

consumidor, ya que al momento de la venta, se va a obtener una carne menos propensa a la oxidación y más óptima para la elaboración de embutidos, por su capacidad de retener el agua, al mismo tiempo que va a presentar un color más atractivo al momento de la venta, ya que las carnes pálidas o muy oscuras se les asocia a un carne en mal estado.

Dentro de las limitaciones que se presentaron durante el desarrollo del presente trabajo estuvo la dificultad para encontrar en el mercado una fuente de vitamina E concentrada y de bajo costo, que permitiera utilizar pequeñas cantidades y cubriera las dosis requeridas para el estudio. Por otro lado, la poca disponibilidad de reactivos para los análisis en el laboratorio y la dificultad para la medición del color, por falta de equipos especializados como colorímetros y espectrofotómetros.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Definición y generalidades de la vitamina E.

Castillo (2004) nos dice que la Vitamina E es un nombre genérico para un grupo de compuestos solubles en grasa conocidos como tocoferoles y tocotrienoles. Los tocoferoles tienen una cadena de carbonos saturados, mientras que los tocotrienoles tienen tres dobles enlaces en su cadena carbonada. Los prefijos α , β , γ y δ se usan para identificar a los isómeros de los dos grupos. Fisiológicamente el α -tocoferol es el isómero más potente. La forma comercial de suplementación normalmente es el éster de acetato de α -tocoferil.

Las formas di-esterificadas (probablemente por las esterazas pancreáticas) son absorbidas por el intestino delgado y distribuidas al organismo vía quilomicrones y lipoproteínas. El α -tocoferol se localiza dentro de las membranas celulares y su principal función es romper y detener la oxidación y peroxidación en los sistemas biológicos (Faustman, 1990; Roche, 1994). Además de las funciones esenciales de la vitamina E en la inmunidad, la función protectora de la vitamina E empezó a utilizarse en la leche por Krukovsky en 1949, evitando la peroxidación (enranciamiento). A principios de los años setenta, Webb y otros investigadores la utilizaron en alimentos basados en carnes. A partir de los noventa, Faustman (1990), empezaron a utilizarla en dosis mayores que las recomendadas por el Consejo Nacional de Investigación (NRC) de los Estados

Unidos y el Instituto Nacional de Investigación Agronómica de Francia (INRA) para mejorar las características organolépticas así como su preservación en refrigeración, congelación y así prolongar la vida de anaquel (Faustman, 1990; Smith y col., 1996).

2.2. Efecto de la vitamina E en la calidad de la carne.

La actividad antioxidante de la Vitamina E en conjunto con otros sistemas varía desde el momento del sacrificio hasta la refrigeración. La función antioxidante de el α -tocoferol ocurre cuando dona su átomo de hidrógeno fenólico, a un radical lipídico peroxil para formar un hidroperóxido que se convierte en un radical tocoferoxilo. La relativa estabilidad de esta molécula previene la propagación de reacciones con radicales libres (Castillo, 2004). También explica el porque la aplicación **postmortem** de la vitamina E, al contrario de la vitamina C es de poca utilidad en prevenir la oxidación, cuando se compara con la ingestión **antemorten**. Mientras que los antioxidantes añadidos **in vitro** solo se distribuyen en los triglicéridos, cuando se añaden en la alimentación se pueden distribuir en todas y cada una de las células del organismo, e incluso en las estructuras subcelulares (membranas de mitocondrias, microsomas entre otras). Precisamente por tener esta distribución, su efectividad es normalmente mucho mayor (López, 2003). Winne y Dirinck (1997) también observaron que los jamones de cerdos que habían consumido 200 miligramos de vitamina E por kilogramo de alimento eran menos susceptibles a los procesos de oxidación y eran preferidos en paneles de degustación a la carne de jamón de cerdos que

consumían el alimento con ocho miligramos de vitamina E por kilogramos de alimento entre los 45 y 100 kilogramos de peso vivo.

Estos resultados en la especie porcina son claros, aunque en la especie porcina los resultados sobre el color de la carne son de menor magnitud que en ganado vacuno, se ha señalado que el efecto podría ser dependiente de la concentración de pigmentos hemínicos de modo que mientras que en cerdos sacrificados a pesos ligeros el efecto es poco marcado, en cerdos cuyo peso está entre 140 a 160 kilogramos, el efecto es apreciable (Monahan y col., 1992).

Para Coma y Piquer (2000) el aspecto que ha llamado más la atención del uso de la vitamina E es su papel como antioxidante en la carne, mejorando la estabilidad de la oximioglobina y de la grasa, con lo que se mantiene el color y se retrasa el proceso de enranciamiento de las mismas. Para conseguir estos efectos se necesitan dosis mucho más elevada que las necesarias. Según Cannon y col (1996), administrar 100 miligramos de vitamina E por kilogramo de alimento, mejora la palatabilidad del lomo, aumenta la concentración de tocoferol en la misma y disminuye la oxidación, aunque otros aspectos de la calidad de la misma no se vieron afectados.

Algunos trabajos recientes indican que la vitamina E se degrada muy poco durante el cocinado o durante la elaboración de productos cárnicos y muestra un papel antioxidante todavía en los productos finales colaborando en la

estabilización del color y retrasando el deterioro oxidativo y la desecación (Smith, 1981). Estos resultados indican que la degradación de vitamina E (α -tocoferol) es pequeña a pesar de todo el proceso de cambios oxidativos, presencia de sal como prooxidante y alta temperatura a lo largo del proceso de secado (López, 2003). Mora (2002) nos comenta que la elevada concentración de α -tocoferol en el producto final ejerce un efecto antioxidante, colaborando en la estabilidad del color. Las muestras pertenecientes a animales alimentados con niveles altos de acetato de α -tocoferol tuvieron una pérdida de peso menor que aquellos alimentados con una ración basal (Ruíz y López, 2005). Se puede explicar que los radicales libres intramoleculares que los fosfolípidos forman al oxidarse pueden actuar promoviendo la oxidación del colesterol (Smith, 1981).

Existen efectos adicionales relacionados con la calidad de la carne a partir de la suplementación de vitamina E como una mayor capacidad de retención de agua durante el almacenamiento, probablemente debido a que se preserva la integridad de las membranas (Monahan y col., 1992). Estos resultados en la especie porcina son claros, afirma.

2.3. La oxidación de lípidos y sus efectos en la calidad de la carne porcina.

La oxidación de grasas en el músculo ocurre por la interacción de ácidos grasos poliinsaturados (PUFA's) e iniciadores de la oxidación lipídica como el oxígeno reactivo y metales de transición tales como cobre y el hierro. Por lo tanto, la susceptibilidad de oxidación de la grasa dependerá de la cantidad de PUFA's presentes en la carne (Castillo, 2004).

Los animales no rumiantes depositan lípidos con una mayor proporción de PUFA's que los rumiantes, como un reflejo de la ingesta de PUFA's. En el caso de los rumiantes, la hidrogenación ruminal hace que los ácidos grasos (AG) de la dieta no sean totalmente responsables del perfil de la carne (Berwal y Novakofski, 1999). La reducción del oxígeno por un electrón rinde un radical anión superóxido (Peróxido de Hidrógeno) y un radical Hidroxilo ($\text{HO}\cdot$), los cuales participan en los procesos de oxidación de la grasa y pigmentos musculares. El radical superóxido puede ser producto de varias reacciones tales como la oxidación de oximioglobina a metamioglobina. En condiciones ácidas, el radical superóxido puede ser protonado a un radical peroxil que es el agente oxidante más potente siendo capaz de penetrar la membrana lipídica con mayor facilidad que otros prooxidantes (Wolter y Jean, 1998).

Beuge y Aust (1978), Morrissey y col. (1998) y Renerre y col. (1996), nos comentan que la oxidación de lípidos tiene una importancia adicional, debido a su alta correlación con la oxidación de pigmentos. En este sentido, aquellas vitaminas que poseen características antioxidantes son de gran ayuda debido a

la seguridad en su uso, sus propiedades moleculares en las membranas y líquido celular, favorable reputación ante los consumidores y por su valor nutricional adicional.

Por otro lado, Marchese (2002), agrega que la oxidación de las grasas es la forma de deterioro de los alimentos más importante después de las alteraciones producidas por microorganismos. Con la oxidación, aparecen olores y sabores a rancio, se altera el color y la textura, y desciende el valor nutritivo al perderse algunas vitaminas y ácidos grasos polinsaturados. Además, los productos formados en la oxidación pueden llegar a ser nocivos para la salud.

También nos comenta que las industrias alimenticias intentan evitar la oxidación de los alimentos mediante diferentes técnicas, como el envasado al vacío o en recipientes opacos, pero también utilizando antioxidantes, como la vitamina E.

Generalmente se acepta que la oxidación de lípidos en productos cárnicos, inicia en la fracción fosfolipídica insaturada, la cual consiste principalmente de membranas subcelulares (Guo y col., 2009). La suplementación con vitamina E retrasa este proceso. Algunos estudios han mostrado que el aumento de los niveles de α -tocoferol en dietas de cerdos terminados puede aumentar la estabilidad de la grasa del cerdo. También reportaron que alimentar con 200 Unidades Internacionales de Vitamina E por kilogramo de alimento produjo una reducción de oxidación de lípidos que fue medido como sustancias reactivas al ácido tiobarbitúrico (TBARS). Además de la reducción de oxidación lipídica, se mejoraron las características de estabilidad de color y pérdidas por exudación

(pérdida de agua) en chuletas de cerdo frescas (López, 2005). Guo y col. (2009) explican que altos niveles de suplementación con Vitamina E (300 miligramos por kilogramo de alimento) en los últimos 60 días de terminación aumenta los niveles de α -tocoferol en tejido y redujo la producción de TBARS. Por otro lado revelan que alimentar con Vitamina E hasta 700 miligramos por kilogramos de alimento mejoró la estabilidad oxidativa de lípidos en cerdos al disminuir TBARS en 52 por ciento en carne fresca y cocida durante el almacenamiento bajo refrigeración. Sin embargo, añadir α -tocoferol hasta 1000 Unidades Internacionales durante el procesamiento tiene poco efecto en la oxidación lipídica durante el almacenamiento en congelación (menor a 18 grados centígrados) por 37 semanas, debido a estos resultados sugirieron que el α -tocoferol se debe integrar biológicamente en el tejido antes de que se produzcan los efectos benéficos.

2.4. La vitamina E y su efecto en la oxidación de lípidos.

La forma de evitar un exceso de oxidación sobre todo cuando se emplean en la dieta grasas o aceites muy insaturados, es la adición de antioxidantes por su costo y efectividad el más utilizado es la vitamina E. Este compuesto tiene funciones fisiológicas importantes y al incorporarse en las membranas celulares permite una protección de los lípidos más sensibles a la oxidación: los fosfolípidos. Se ha observado que la vitamina E puede mejorar el color, las pérdidas por goteo y la calidad sensorial en carne de cerdo y en la elaboración de algunos productos cárnicos como embutidos (Hill y Williams, 1995).

Se suele considerar que los antioxidantes naturales son inocuos y una mejor opción que los sintéticos. Algunos autores han puesto de manifiesto que la cantidad de información experimental sobre los efectos de algunos antioxidantes se debe aumentar para valorar sus efectos globales. Esto se debe a que la concentración y estructura molecular de un antioxidante puede provocar que actúe como un oxidante, en ciertas condiciones, o que modifique procesos metabólicos (Huerta y col, 2001).

2.5. El color muscular en la carne de cerdo.

El color es uno de los atributos sensoriales más importantes en el momento de decidir la primera compra, debido a que la apariencia es casi el único parámetro que el consumidor puede utilizar para juzgar la calidad de la carne al momento de la compra. Hay que considerar que existen diversos factores que contribuyen a determinar el color de la carne o producto cárnico como el pH y las características de la superficie del músculo, los sistemas de alimentación, las condiciones y el período de almacenamiento del producto, los ingredientes usados en formulaciones (por ejemplo, de embutidos) y la severidad de los tratamientos térmicos aplicados (Carduza y col., 2000).

La pigmentación de la carne esta dada por la proporción de mioglobina (oximioglobina, deoximioglobina y metamioglobina) aproximadamente en más del 80 por ciento, (el restante esta dado por la hemoglobina atrapada en los capilares y vasos sanguíneos). Su concentración en el músculo varía entre

especies y masa muscular y en general se ve modificada por varios factores tales como: edad al sacrificio, sexo, nivel de estrés al sacrificio, salud, etc., a la vez que está correlacionada con el contenido de fibras rojas en la carne (Faustman, 1990; AMSA, 1991). Por otro lado, Lawrie (1998), nos comenta que el color de la carne depende de la forma química bajo la que se encuentre una proteína del sarcoplasma celular denominada mioglobina. La forma química natural (propriadamente la mioglobina) presenta un color rojo oscuro, que se transforma en rojo brillante cuando se oxigena (oximioglobina); en cambio, cuando lo que se produce es un oxidación del Fe^{+2} a Fe^{+3} , la molécula (metamioglobina) adquiere coloraciones parda. Esto puede ocurrir bajo la acción de diversos factores que pueden desnaturalizar la parte proteica, como el calor (Forrest y col., 1975).

El color normal de la carne de cerdo fluctúa entre un rojo y rosado. La uniformidad en el color es usualmente apreciable en músculos individuales; cuando apreciamos los músculos en conjunto, el color puede variar considerablemente (AMSA, 1991). El consumidor puede estar en desacuerdo con la variación en el color de la carne, bien sea por demasiado pálidos o demasiado oscuros.

Esta variación en el color puede obedecer a factores como el aumento de oximioglobina (pigmento de color) por edad avanzada del animal; o músculo o grupo de músculos con mayor actividad fisiológica (músculos flexores o extensores), penetración de oxígeno en la superficie, contaminación bacteriana,

deshidratación en la superficie, falta de acumulación de ácido láctico después del sacrificio y la condición DFD (oscuro, firme y seco) (Wisner, 1994). Sin embargo, para Ruiz y López (2005) el color es el resultado de tres elementos: la cantidad de pigmento (mioglobina), la forma química del pigmento (metamioglobina, oximioglobina), la cantidad de luz reflejada por la superficie. Añaden también que la forma química define el color de la misma manera que el nivel de pigmento y la cantidad de luz reflejada condiciona la intensidad del color (claro u oscuro). Por otro lado nos dicen que la evolución del pH *postmortem* 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. En cambio el color rosa pálido casi gris se puede presentar como consecuencia de una rápida conversión de glucógeno muscular en ácido láctico (pH muscular bajo por ende una acidez).

2.6. Interpretación del color de la carne.

El color tiene una esencia física fundamentalmente, pero como nosotros lo conocemos es una experiencia visual que incluye una interpretación cerebral, haciendo de este fenómeno físico-sensorial, una suma de interpretaciones de lo que conocemos como apariencia de las cosas (Grady y col., 1998).

El nervio óptico recoge la onda lumínica y lo manda al cerebro en donde es interpretada para dar lo que finalmente conocemos como color de las cosas.

Esto implica que existen diferencias individuales en la percepción del fenómeno denominado color (Castillo, 2004).

Nos dice Carduza y col. (2000) que la percepción del color es una cuestión subjetiva, es decir que cada individuo lo percibe de una manera distinta. Las personas entrenadas en la evaluación objetiva del color (jueces) son capaces de distinguir muchas más tonalidades de un color que los individuos no entrenados (consumidores) y de expresarlo en términos comparables con los emitidos por otro evaluador.

Nos comenta también que, es posible determinar en forma instrumental el color de un alimento por medio de colorímetros, obteniendo mediciones objetivas aplicables en el desarrollo del producto y en el control de su calidad. El empleo de esta metodología permite determinar objetivamente las diferencias de color y luminosidad en la carne, estimar la proporción y el estado de los pigmentos responsables del color (fundamentalmente mioglobina y hemoglobina) y determinar los factores que intervienen en su deterioro.

2.7. Variaciones del pH en la carne.

La acidez de la carne determina su grado de aceptación por el consumidor (Hill y Wiliam, 1995). De allí que, nos comentan Guerrero y Arteaga (1990), que el pH de la carne depende de varios factores como la condición *postmortem* del animal y el tiempo posterior del almacenamiento. En el primer caso se pueden presentar las condiciones de carne pálida, suave y exudativa (PSE) y carne

oscura. Señalan que la condición PSE se refiere a las características que presenta la carne de cerdo, en la falta de coloración, suavidad excesiva al corte y pérdida rápida de fluidos al calentarse. La tensión del animal durante la matanza, hace que se degrade rápidamente el ATP, cuando la carne está aún en temperaturas superiores a treinta grados centígrados, lo que es una de las principales causas de esta condición. El resultado es que el pH final de la carne (5.50) se alcanza muy rápidamente.

La condición contraria la carne oscura ocurre cuando el animal sufre malos tratos o estrés antes de la matanza; por ejemplo, durante el transporte hacia el matadero o en los corrales de ayuno (Coma y Piquer, 2000). Igualmente Sañudo (1993), nos explica que como consecuencia, de estos malos tratos **antemortem**, el animal agota su contenido de glucógeno y al ocurrir el sacrificio no hay suficiente carbohidratos para reducir el pH. El resultado es una carne de coloración intensa, seca y de dureza anormal. Además al tener un pH alto es fácil que se contamine bacteriológicamente. Agrega que además el pH de la carne aumenta durante el almacenamiento por la formación de compuestos aminados resultantes de la putrefacción.

Lawrie (1974) agrega que el pH límite, que puede alcanzarse debido a la insuficiencia de glucógeno, a la inactivación de las enzimas glucolíticas o a que el glucógeno es refractario al ataque enzimático; se denomina pH final. Como este pH suele ser de 5.5 es decir, como fue mencionado anteriormente por Guerrero y Arteaga (1990) corresponde al punto isoeléctrico de muchas

proteínas musculares, incluidas las miofibrilares, la capacidad de retención de agua es menor **postmortem** que **in vivo** incluso aunque las proteínas no se desnaturalicen.

2.7.1. Factores que influyen en la caída **postmortem** del pH.

Uno de los cambios **postmortem** más significativos que tiene el músculo durante su conversión en carne es el descenso del pH muscular a consecuencia de la acumulación de ácido láctico (Forrest y col., 1975). Nos explican también que la velocidad con que desciende el pH, una vez que el animal ha sido sangrado y el límite hasta que desciende el pH son muy variables. Lawrie (1974) agrega que tanto la velocidad como la cuantía del descenso **postmortem** del pH dependen de factores intrínsecos tales como la especie, el tipo de músculo y la variabilidad interanimal, y de factores extrínsecos tales como la administración de drogas **postmortem** y la temperatura.

Aguirre (1999) mencionan que el la acumulación de ácido láctico en las primeras fases del periodo **postmortem**, puede tener un efecto negativo en la calidad de la carne y que el desarrollo de condiciones ácidas (pH bajo) en el músculo, antes que el calor corporal natural y el metabólico se hayan disipado durante la refrigeración de la canal, da lugar a la desnaturalización de las proteínas musculares. El grado de desnaturalización depende de la temperatura alcanzada y de lo que haya descendido el pH. La temperatura parece que juega una función clave en la desnaturalización, el músculo una vez ha sido debidamente enfriado puede alcanzar un pH relativamente bajo (de 5.2 a 5.4) sin que sea

excesiva la desnaturalización. La desnaturalización de las proteínas les hace perder solubilidad, capacidad de retención de agua e intensidad del color del pigmento muscular. Todos estos cambios son perjudiciales (Forrest y col, 1975).

2.7.2. Proceso de glucólisis *postmortem*.

Nos comenta Lawrie (1974), que la secuencia de etapas químicas de la conservación del glucógeno en ácido láctico es esencialmente la misma *postmortem* que *in vivo* cuando el aporte de oxígeno es temporalmente insuficiente para cubrir la demanda energética del músculo, a menos que la reserva de glucógeno sea pequeña debido a inanición o ejercicio en el periodo inmediato, anterior al sacrificio. La conversión del glucógeno en ácido láctico no cesa hasta que alcanza un pH capaz de inactivar a las enzimas responsables de la degradación.

En los músculos de los mamíferos este pH es aproximadamente 5.40-5.50. Generalmente se admite que cuando el pH se encuentra por encima del nivel mencionado el glucógeno ha desaparecido totalmente del músculo, pero en algunos músculos atípicos puede existir aún el uno por ciento de glucógeno residual cuando el pH final es superior a seis (De la Fuente y col., 2005).

2.8. Capacidad de retención de agua de la carne.

Para Guerrero y Arteaga (1990) la capacidad de retención de agua se define como la capacidad que tiene la carne para retener el agua libre durante la aplicación de fuerzas externas, tales como el corte, la trituración y el prensado.

También nos dicen que muchas de las propiedades físicas de la carne como el color, la textura y la firmeza de la carne cruda, así como la jugosidad y la suavidad de la carne procesada, dependen en parte de la capacidad de retención de agua.

La capacidad de retención de agua es un parámetro físico-químico importante por su contribución a la calidad de la carne (Hamm, 1975) y la de sus productos derivados. La CRA de la carne está relacionada con la textura, terneza y color de la carne cruda y jugosidad y firmeza de la carne cocinada. Dicha retención de agua se produce a nivel de las cadenas de actino-miosina

Según Lawrie (1974) la capacidad de retención de agua de la carne es una propiedad de indudable importancia ya que influye en el aspecto de la carne antes de cocinarla, en su comportamiento durante la preparación culinaria y en la sensación de jugosidad que produce durante la masticación. Esto es particularmente cierto en el caso de las carnes que son finamente divididas, como las salchichas, en las que por haberse destruido la estructura del tejido se pierde la capacidad de retener líquido liberado de las proteínas. Por otro lado, Forrest y col (1975) nos comentan que cuando los tejidos tienen poca capacidad de retención de agua, las pérdidas de humedad y, consecuentemente, de peso durante su almacenamiento es grande. Esta pérdida de humedad tiene lugar en las superficies musculares de la canal expuesta a la atmósfera durante el almacenamiento.

Lawrie (1998) nos dice que la capacidad de retención de agua es una cualidad organoléptica que se encuentra estrechamente ligada a la jugosidad. Las distintas formas bajo las que pueden presentarse las moléculas de agua de una pieza de carne desempeñan un papel muy importante en la jugosidad de la misma por ende la carne retiene en mayor o menor cantidad una porción de agua que, cuando se mastica, provoca la sensación de jugosidad o la expulsa en forma de exudado.

Nos indica Aguirre (1999) que la pérdida de la capacidad de retención de agua depende de la cantidad de líquido que libera la estructura proteica muscular y de la facilidad que tenga este líquido para salir de esa estructura. La especie y edad del animal, así como la función anatómica del músculo en él, son factores biológicos que inciden en la jugosidad, añade que existen otros seis factores fisicoquímicos y mecánicos capaces de incrementar la capacidad de la carne de retener agua:

- un pH final elevado.
- una glucólisis *postmortem* lenta.
- un rápido enfriamiento de la canal, antes de que aparezca el *rigor mortis*.
- un almacenamiento a temperaturas muy próximas a cero grados centígrados.
- un elevado contenido en grasa intermuscular.
- un corte del músculo en sentido longitudinal de la fibra muscular.

Para Guerrero y Artega (1990) los factores que afectan la capacidad de retención de agua son la cantidad de grasa, el pH y el tiempo que ha transcurrido desde el deshuesado. Se considera que un máximo de cinco por ciento del agua total en el músculo esta ligada a través de grupos hidrofílicos de las proteínas (agua fuertemente ligada). Una cantidad considerable de agua se inmoviliza debido a la configuración física de las proteínas (agua débilmente ligada). El agua que puede expelerse del músculo cuando se aplica una fuerza externa es el agua libre.

La capacidad de retención de agua de la carne se debe en última instancia al estado químico de las proteínas del músculo aunque no se conocen con exactitud los mecanismos de inmovilización del agua dentro del tejido muscular (Hamm, 1975).

La disminución *in vivo* de la capacidad de retención de agua se manifiesta por la exudación de un líquido denominado “Weep” cuando procede de la carne no cocinada ni congelada, “drip” cuando procede de la carne descongelada y “shrick” cuando procede de la carne cocinada. La exudación “weep” o “drip” depende de la cantidad de líquido liberado de su asociación a las proteínas musculares y de la facilidad de acceso al exterior del líquido liberado. Por ejemplo, en parte la reducción de la capacidad de retención de agua es una consecuencia inevitable de la muerte del animal, ya que la glucólisis *postmortem* que tiene lugar en los músculos no cesa por lo general hasta que

el pH final sea de 5.50 aproximadamente, pH que responde al punto isoeléctrico de las principales proteínas del músculo (Cheah y col., 1995).

Por otro lado Guerrero y Arteaga (1990) afirman que el pH tiene un efecto definitivo en la capacidad de retención de agua. El pH en la cual la capacidad de retención de agua está en su mínimo valor (5.50) corresponde al punto isoeléctrico de la actomiosina, que contribuye el mayor porcentaje de las proteínas estructurales del músculo. Según avanza la rigidez cadavérica, se induce una degradación de ATP en el músculo y se produce un mayor cruzamiento entre la actina y la miosina lo que da como resultado una reducción considerable de la capacidad de retención de agua durante las primeras horas **postmortem**. Este fenómeno hace que la capacidad de retención de agua del músculo pre-rigor sea mucho mayor que en el músculo post-rigor.

2.9. Maduración de la carne.

Desde el punto de vista bromatológico la carne es el “resultado de la transformación experimentada por el tejido muscular del animal a través de una serie de procesos fisicoquímicos y bioquímicos, que se desarrollan como consecuencia del sacrificio del animal” (Lawrie, 1998). Agrega, que al no llegar oxígeno a las células del tejido muscular, se produce una caída del potencial redox que interfiere con la obtención de energía por parte de las células, cuya principal consecuencia es la puesta en marcha de una glucólisis anaerobia y un catabolismo del ATP. Lo primero origina ácido láctico que acidifica el músculo, y lo segundo provoca un endurecimiento (conocido como **rigor mortis**), que

desaparece de modo gradual al degradarse la estructura muscular por la acción de las enzimas catepsinas, liberadas de los lisosomas por el pH ácido que presenta ahora el tejido muscular. El complejo conjunto de todos estos fenómenos incide sobre el color, la textura, la jugosidad, el sabor y el aroma del producto resultante, que es lo que se denomina carne.

El proceso de maduración de la carne consiste en que las proteínas se dividen en sus unidades estructurales llamadas aminoácidos, los cuales son absorbidos por el organismo (no la proteína entera). Esta partición de las proteínas convierte el músculo cárnico en carne la cual es más blanda, digerible y nutritiva. La sustancia responsable de la partición de las proteínas es el ácido láctico (Benlloch, 1999).

2.9.1. Etapas del proceso de maduración.

2.9.1.1. Prerigor.

Esta etapa comprende desde que se sacrifica el animal hasta aproximadamente doce horas, en este estado es como se comercializa el músculo cárnico en las carnicerías tradicionales y se le llama músculo fresco no es carne. Esta etapa se caracteriza por que el ácido láctico apenas se comienza a formar y el músculo se torna duro por la unión de las dos proteínas, al punto que ni siquiera con un proceso de cocción intenso se ablanda (Castro, 2008). El músculo es

supremamente duro y menos digerible comparativamente que la primera fase de maduración (prerigor).

2.9.1.2. Rigor *mortis*.

Esta segunda etapa, nos comenta Cañeque (2006), se presenta desde las 12 horas hasta las 72 horas de haber sido sacrificado el animal. Las proteínas del músculo (actina y miosina) se unen para formar un complejo proteico (actomiosina), resultado del agotamiento total del glucógeno, que es el combustible del organismo para todas sus funciones. Cuando el glucógeno se acaba, se produce una fermentación láctica y se forma el ácido láctico que empieza a actuar sobre la proteína desdoblándola. Castro (2008), nos dice que cuando las proteínas del músculo no se han dividido y su digestión es bastante difícil se pierde gran cantidad de agua (que la asume quien la compra y no el carnicero), si se somete a congelación sufre un proceso indeseable llamado "acortamiento por frío donde se encoge sustancialmente en el momento de someter el músculo a cocción en cuanto a su digestibilidad, el aprovechamiento de las proteínas es muy pobre. Su textura es flácida, de color muy oscuro y el olor no es agradable.

2.9.1.3. Posrigor o maduración.

Esta etapa comprende desde las 72 horas en adelante después del sacrificio a partir de aquí es cuando se puede hablar de "carne fresca". Es decir, que la carne fresca es carne madurada o carne vieja (bien envejecida). Mientras más tiempo de maduración tenga la carne, mayor será el grado de blandura, nutrición, digestibilidad y sus características de sabor, aroma y textura serán óptimas para disfrutar un alimento con todas sus ventajas nutricionales en este estado es cuando se debe consumir la carne (Warris, 2003).

D.O.U.E. (2004) nos dice que cuando la carne madurada ha cumplido su ciclo de vida, pasa a la etapa de putrefacción, donde su olor nauseabundo y color verdoso son características claras de deterioro, agrega que no se debe consumir una carne en este estado, debido a la contaminación microbiana.

2.9.2. Conservación de la carne.

2.9.2.1. Refrigeración de la carne.

Castro (2008), nos comenta que las ventajas que tiene la carne durante la congelación son la de mantener sus nutrientes, su textura y jugosidad. Sin embargo nos explica que no permite almacenamiento por tiempo prolongado (mayor a seis o siete días), se deteriora rápidamente.

2.9.2.2. Congelación.

De la Fuente (2005), nos dice que para una conservación prolongada hay que recurrir a la tecnología de la congelación, en la que existen varios factores que influyen en la merma posterior: método de congelación, tipo de carnes, condiciones de almacenamiento y otros. Los métodos de congelación ultrarrápida no alteran, prácticamente, la composición química de la carne; pero en los procesos de descongelación sí se pueden dar pérdidas de jugos, que pueden hacer variar los porcentajes de las sustancias nitrogenadas, las vitaminas hidrosolubles y los elementos minerales. En estos casos, resulta decisivo el tamaño de las piezas a descongelar, pues cuando la carne se encuentra fragmentada pueden alcanzarse pérdidas del ocho por ciento al 10 por ciento (Lawrie, 1998). Daudin (1991), nos dice que la congelación de la carne tiene una ventaja tiene un período de duración mayor (meses). No obstante, tiene sus desventajas la textura, color y jugosidad se pierden si se descongela rápidamente (deshidratación), la congelación de la carne debe ser rápida y la descongelación lenta.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Sitio experimental.

El estudio se llevo a cabo en el Centro de Enseñanza e Investigaciones Agropecuarias de Chiriquí (CEIACHI), específicamente en la sección porcina de la Facultad de Ciencias Agropecuarias (FCA), Universidad de Panamá, ubicada en el corregimiento de Chiriquí, distrito de David, Provincia de Chiriquí. La FCA se encuentra localizada entre los 8°23'13" de latitud norte y 8°21'44" de longitud oeste y a una altura de 23 metros sobre el nivel del mar. La temperatura anual es de 26.8 grados centígrados, cuyo promedio mensual más bajo se presenta en octubre con 26.0 grados centígrados y el más elevado en abril con 28.2 grados centígrados y la precipitación pluvial es bastante elevada con un promedio anual de 2828.6 milímetros.

El análisis de las muestras se realizó en el laboratorio de bromatología del Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá (IDIAP), en el distrito de Gualaca, provincia de Chiriquí.

3.2. Descripción de las instalaciones.

El área de producción porcina de la FCA cuenta con oficinas administrativas, una área de maternidad, corrales de destete, corrales de levante, corrales de

engorde, corrales para gestación, corrales para machos reproductores, laboratorio de inseminación artificial, bodega de almacenamiento de premezclas e ingredientes para la elaboración de alimentos y la planta de elaboración de alimento. Cuenta además con fosas sépticas y lagunas de oxidación.

3.3. Unidades experimentales.

Se utilizaron para esta investigación 21 animales machos castrados y hembras en etapa de finalización con un peso aproximado entre 125 y 130 libras. Los mismos se separaron al azar en tres grupos, correspondientes a los tratamientos.

3.4. Tratamientos.

Los tratamientos evaluados fueron T_1 (testigo), T_2 y T_3 . Para T_1 no se suplementó vitamina E, considerado como testigo. Para T_2 , la dosis de vitamina E fue de 500 Unidades Internacionales/animal/día, lo que correspondió a 14 gramos para cada animal/día. Para el T_3 la cantidad de vitamina suplementada fue de 1000 Unidades Internacionales/animal/día, lo que correspondió a 28 gramos por/animal/día. Estos cálculos fueron basados en la cantidad de alimento que se le suministró por día.

La fuente de vitamina E, que se utilizó en la investigación fue el SUPER- E, Gateway Products (1000 Unidades Internacionales Vitamina E/onza), está compuesto por: carbonato de calcio, afrecho de arroz, acetato alfa tocoferol lecitina, aceite mineral y saborizante.

3.5. Alimentación.

La vitamina se añadió al momento de la elaboración del alimento, 0.51 libra de vitamina por cada quintal de alimento correspondiente al tratamiento T₂ de 500 Unidades Internacionales/animal/día y 1.02 libras de vitamina E correspondiente al tratamiento T₃ de 1000 Unidades Internacionales/animal/día. El suministro del alimento fue diario, se realizó dos veces al día; suministrando a cada animal la cantidad de tres libras en la mañana y tres libras en la tarde, para un total de seis libras por cada animal/día. Todos los animales tuvieron acceso a agua *ad libitum*. En el cuadro I se muestran los componentes utilizados en la ración que se les suministro a veintiún animales durante el periodo de ensayo:

CUADRO I. COMPONENTES UTILIZADOS EN LA RACIÓN (CANTIDAD PARA UN QUINTAL).

COMPONENTE DE LA DIETA	CANTIDAD (LBS)
Maíz	54.54
Melaza	8
Soya	22
Arrocillo	7
Grasa	5
Harina de hueso	3.5
Vitamina	0.5
Sal	0.5
Lisina	0.5 (onzas)
Calcita	1
Mico- Aid	0.5
Total	100.00

3.6. Tipo de muestras.

Los animales fueron sacrificados en el Matadero de Dolega, provincia de Chiriquí y las muestras de carne fueron colectadas en la planta de Embutidos Tony, localizada en Las Lomas. Se recolectaron los cortes del *Longissimus dorsi* entre la doceava y treceava costilla. Los cortes se obtuvieron de cada animal 24 horas después del sacrificio, procedimiento similar al deshuesado que realizan los mataderos. Las muestras fueron divididas en cuatro porciones para su análisis al día 3, 7, 14 y 21 de maduración.

3.7. Variables de respuesta.

3.7.1. Oxidación de los lípidos.

Se utilizó el valor del índice de peroxidación dado en miliequivalentes de O₂/kilogramo de muestra como medida del nivel de oxidación lipídica. Este proceso se realizó pesando dos gramos de grasa, se colocó en un matraz Erlenmeyer de 250 mililitros al abrigo de la luz. Se añadió 10 mililitros de cloroformo (Mallinckrodt), se agitó por cinco minutos y se procedió a agregar 15 mililitros de ácido acético glacial grado reactivo (Fisher Scientific) y un mililitro de una solución saturada de yoduro de potásico (Panreac). Los matraces fueron colocados a 15 grados centígrados en agitación por 15 minutos. Para titular se empleó una solución acuosa de tiosulfato sódico y como indicador una solución de almidón (10 gramos por litro). Para calcular los miliequivalentes de O₂ disuelto por kilogramo de muestra se utilizó la siguiente ecuación:

$$\text{Índice de Peroxidación} = \frac{\text{Volumen} \times \text{Normalidad} \times 1000}{\text{Peso de la muestra}}$$

3.7.2. Estabilidad del color.

Para la determinación del color se tomaron fotografías de los cortes empleando una cámara digital (Canon, Power Shot SD1100 IS, 8 megapíxeles). Las fotografías de los diferentes cortes para las dosis y días de maduración se compararon subjetivamente, se imprimieron al azar y se uso un grupo de tres panelistas, quienes utilizando una escala de cinco puntos realizaron la evaluación del color, donde se uso un valor de 1 para el corte más pálido y 5 para el corte más oscuro. El producto del promedio de la evaluación se analizó estadísticamente.

3.7.3. Cambios en el pH.

Para estimar el pH se empleo un potenciómetro (Orion, 210^a+), el cual era introducido en la muestra cárnica.

3.7.4. Capacidad de retención de agua.

La capacidad de retención de agua se llevó a cabo pesando 10 gramos de la muestra en una báscula digital (Sartorius, LC820, Alemania), se colocó entre dos hojas de papel filtro número 1 de 12 centímetros diámetro. A la vez esto se colocó entre dos placas de vidrio colocando un peso de un kilogramo sobre la muestra. Pasado 15 minutos, se retiró la muestra y volvió a pesar, expresando el resultado basado en el porcentaje de la diferencia del peso inicial y el peso final, como el porcentaje del agua expelida.

3.8. Duración del experimento.

La fase experimental de la suplementación de vitamina E en la dieta tuvo una duración de 44 días, la fase de análisis en laboratorio duró 21 días.

3.9. Diseño experimental:

Para esta investigación se utilizó el Diseño Completamente al Azar con arreglo de Parcelas Divididas, donde la parcela principal fue la dosis de vitamina E y la subparcela los días de maduración. Los resultados se analizaron a través del siguiente modelo matemático, utilizando el PROC GLM de SAS (SAS Institute Inc., Cary, NC, USA, 1999) y haciendo comparaciones de medias a través de LSMeans con un valor $P < 0.05$.

$$Y_{ijk} = \mu + \text{Trat}_i + \text{Rep}(\text{Trat})_{ij} + \text{Día}_k + \text{Trat} * \text{Día}_{jk} + e_{ijk}$$

Donde:

Y_{ijk} = variable de respuesta (oxidación lipídica, color, pH y capacidad de retención de agua)

μ = media general

Trat_i = efecto de la i -ésima parcela grande (dosis de vitamina E)

$\text{Rep}(\text{Trat})_{ij}$ = error asociado con las parcelas grandes

Día_k = efecto de la k -ésima parcela chica (día de maduración)

$\text{Trat} * \text{Día}_{jk}$ = efecto de k -ésima interacción entre la dosis de vitamina E por día de maduración.

e_{ijk} = error asociado con las parcelas chicas.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A continuación se presentan los resultados sobre el efecto de la dosis de vitamina E y el tiempo de maduración sobre las variables de respuesta estudiadas.

4.1. Oxidación lipídica.

En el cuadro II se muestra el análisis de varianza para el efecto de la dosis de vitamina E, tiempo de maduración y el efecto de interacción entre la dosis de vitamina E por el tiempo de maduración sobre la oxidación lipídica en la carne porcina. Se observó que la dosis aplicada en la ración tuvo efecto significativo ($P < 0.05$) sobre la oxidación lipídica; no así, el tiempo de maduración ($P > 0.05$). Por otro lado, el coeficiente de variación (21.37 por ciento) nos indica que hubo, factores fuera de la investigación que influyeron en los resultados obtenidos. Al respecto, nos comenta Lawrie (1974), que tanto factores extrínsecos e intrínsecos como la raza, el sexo, el ayuno y el estrés *antemortem*, influyen significativamente en las reacciones químicas *postmortem* ocurridas en la carne. Igualmente Kerry y col. (2000) nos dicen que las características tecnológicas de la carne dependen de factores de carácter zootécnico como la raza del animal, tipo de alimentación, tratamiento sufrido antes y durante el proceso de matanza (estrés). Estos factores influyen en fenómenos bioquímicos que se producen después de la muerte, particularmente la glicólisis, con

consecuencias importantes en la calidad de la materia prima, en particular sobre la capacidad de retención de agua, el pH final, la dureza, el color y la oxidación.

CUADRO II. ANÁLISIS DE VARIANZA PARA EL EFECTO DE LA SUPLEMENTACIÓN DE VITAMINA E SOBRE LA OXIDACIÓN LIPÍDICA EN LA CARNE DE CERDO.

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	F-Valor	Pr > F
Dosis Vit E	2	92.41	46.21	7.51	0.0126
Rep(Dosis)	18	147.76	8.21	1.33	0.2070
Día	3	19.79	6.59	1.07	0.3690
Dosis*Día	6	2.92	0.48	0.08	0.9979
Error	51	313.67	6.15		
Total	80				

R-cuadrado: 0.4531

Coefficiente de Variación: 21.37%

Los resultados sobre la comparación de medias para el efecto de la suplementación con vitamina E sobre la oxidación lipídica, color, pH y capacidad de retención de agua en la carne de cerdo se presentan en el cuadro III. Estos resultados indican que la oxidación lipídica medida a través del valor de peroxidación disminuyó significativamente ($P < 0.05$), al aumentar la dosis de vitamina E (13.1, 11.3 y 10.5 miliequivalentes de O_2 disuelto por kilogramo de muestra, para T_1 , T_2 y T_3 , respectivamente). Referente a esto, Mora (2002)

indica que la vitamina E administrada en concentraciones de 100 a 200 miligramos por kilogramo de alimento aumenta de forma marcada la concentración de vitamina E en los tejidos y estructuras subcelulares, ejerciendo un potente efecto antioxidante. Por otra parte, diversos experimentos realizados en los últimos años, han demostrado que la suplementación de la ración con vitamina E incrementa la concentración tisular de la misma, en la carne de cerdo (Daza y col., 2007). Similares resultados fueron encontrados en ganado vacuno, donde se encontró que al suministrar vitamina E, en la ración se observó una reducción en la oxidación (Faustman, 1990).

CUADRO III. COMPARACIÓN DE MEDIAS PARA EL EFECTO DE LA SUPLEMENTACIÓN DE VITAMINA E SOBRE LA OXIDACIÓN LIPÍDICA, COLOR, PH Y CAPACIDAD EN RETENCIÓN DE AGUA EN LA CARNE DE CERDO.

VARIABLE DE RESPUESTA	DOSIS DE VITAMINA E UI/ANIMAL/DÍA			P ¹
	0	500	1000	
Oxidación lipídica, meq O ₂ /kg	13.07 ^a	11.26 ^a	10.53 ^b	0.0126
Color	3.41 ^b	3.67 ^a	3.70 ^a	0.0390
pH	5.77	5.90	5.98	0.1131
Capacidad de retención de agua	11.24 ^a	10.07 ^a	8.38 ^b	0.0033

¹ Valor de probabilidad

^{ab} Medias con distinta letra en la misma fila difieren estadísticamente, p<0.05

La suplementación de vitamina E, puede aumentar la vida de anaquel de los diferentes cortes a pesar de la diferencia en la velocidad de oxidación de sus fibras musculares (Mitsumoto y col, 1998). Tomando el *Longissimus lomborum* como ejemplo de un corte caro, la extensión de la vida de anaquel se puede llevar más allá del doble, independientemente de la cantidad de días de congelación y refrigeración de las piezas (Liu y col., 1996; Richardson y col., 1997; Zerby y col., 1999).

En el cuadro IV se muestra la comparación de medias para el efecto del tiempo de maduración sobre la oxidación lipídica, color, pH y capacidad de retención de agua de la carne porcina. Como se observa, la oxidación lipídica no mostró diferencias significativas ($P>0.05$), con el tiempo de maduración, los resultados se mantuvieron constantes, 11.0, 11.29, 11.75 y 12.38, correspondientes a los días 3, 7, 14 y 21, respectivamente. Sin embargo, en investigaciones similares, realizadas por Daza y col. (2007) en corderos, se encontró que la oxidación aumentaba a medida que aumentaban los días de maduración y disminuía con el incremento de la dosis de vitamina E en la ración; igualmente Huertas y col. (2001), descubrieron en sus investigaciones que la oxidación aumentó con el tiempo de maduración. Sin embargo, en nuestros resultados como se observa en el cuadro IV, no hubo cambios significativos, con el tiempo de maduración. Esto puede atribuirse a que las muestras se mantuvieron congeladas, por ende hubo una mejor conservación, como nos dice Daudin (1991), que cuando la carne se mantiene congelada las reacciones químicas y bioquímicas avanzan muy lentamente, aunque no se detienen por completo, estas reacciones son de

lipólisis y la oxidación de las grasas que da lugar al enranciamiento (Moreno y Moreno, 2006). La D.O.U.E, (2004) (Reglamento del Parlamento Europeo y del consejo por el que se establezcan normas específicas de higiene de los Alimentos Destinados al Consumo Humano) nos dice, que en efecto, en la carne congelada, el enranciamiento se produce tanto por lipólisis, debido a la acción hidrolítica de las lipasas, como por autooxidación. Las lipasas microbianas son más importantes, cuanto mayor sea la carga microbiana, lo que pone de relieve la importancia de la higiene en las operaciones de carnización en el matadero. Tomando en cuenta lo dicho anteriormente, el manejo que se le dio a la canal y a las piezas fueron bastante aceptables en el parámetro de higiene, ya que la oxidación no se vio incrementada con los días de maduración.

Otro factor que determina la oxidación es el contenido de grasa en la carne, el contenido de ácidos grasos y su grado de insaturación, lo cual depende de las razas (Mitsumoto y col., 1998). En nuestra investigación se utilizaron cruces de razas Duroc, Landrace y Pietrain; por lo tanto, los resultados no se le atribuyen a ninguna raza en especial, sin embargo puede ser del resultado de sus cruces.

Se analizó el efecto de la dosis de vitamina E y el tiempo de maduración sobre la oxidación lipídica por separado ya que como se presenta en el cuadro II y figura 1, no se reportó efecto de interacción entre la dosis y tiempo de maduración.

CUADRO IV. COMPARACIÓN DE MEDIAS PARA EL EFECTO DEL TIEMPO DE MADURACIÓN SOBRE LA OXIDACIÓN LIPÍDICA, COLOR, PH Y CAPACIDAD DE RETENCIÓN DE AGUA EN LA CARNE DE CERDO.

VARIABLE DE RESPUESTA	TIEMPO DE MADURACIÓN (DÍAS)				P ¹
	3	7	14	21	
Oxidación lipídica, meq O ₂ /kg	11.0	11.29	11.75	12.38	0.3690
Calor	3.98 ^a	3.58 ^b	3.35 ^c	3.46 ^{bc}	<0.0001
Ph	6.10 ^a	5.86 ^b	5.82 ^b	5.76 ^b	0.0004
Capacidad de retención de agua	3.68 ^a	10.33 ^b	12.68 ^c	12.88 ^c	0.0001

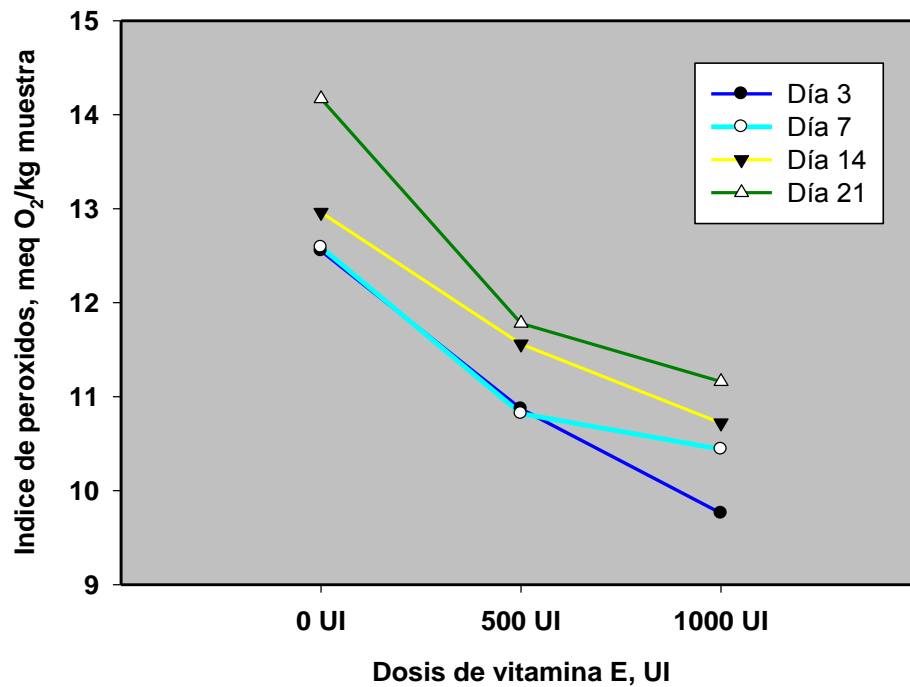
¹ Valor de probabilidad

^{ab} Medias con distinta letra en la misma fila difieren estadísticamente, p<0.05

Las medias por tratamientos presentadas en la figura 1 muestran que la oxidación lipídica para el grupo que no recibió suplementación de vitamina E, se mantuvo constante a medida que incrementaron los días de maduración. A pesar de que hubo un ligero incremento al transcurrir los días, este no fue significativo (P>0.05). Como los demás tratamientos tuvieron el mismo comportamiento, no se puede atribuir este efecto a la vitamina E. Como se puede observar al día 3, el índice de peroxidación fue disminuyendo a medida que la dosis de vitamina E aumentaba. Lo mismo ocurrió para el día 7 donde se observa que la oxidación, fue disminuyendo a medida que aumentaba la dosis

de vitamina E, al igual que para los días 14 y 21, como se explica en el cuadro II donde se obtuvo una diferencia significativa en la disminución de la oxidación al incrementar la dosis, con respecto al testigo.

FIGURA 1. EFECTO DE INTERACCIÓN ENTRE LA DOSIS DE VITAMINA E POR EL TIEMPO DE MADURACIÓN SOBRE LA OXIDACIÓN LIPÍDICA EN LA CARNE DE CERDO.



4.2. Color.

En el cuadro V se muestra el análisis de varianza para el efecto de la suplementación de vitamina E, tiempo de maduración y el efecto de interacción entre la dosis de vitamina E por el tiempo de maduración sobre el color en la carne de cerdo. Se observó que la dosis aplicada en la ración tuvo efecto significativo ($P < 0.05$) sobre el color; de igual forma sobre el tiempo de maduración ($P < 0.001$). Encontrándose también interacción entre estas variables ($P < 0.01$). El coeficiente de variación (9.64 por ciento) nos indica que hubo poco efecto de factores fuera de la investigación que influyeron en los resultados obtenidos.

CUADRO V. ANÁLISIS DE VARIANZA PARA EL EFECTO DE SUPLEMENTACIÓN DE VITAMINA E SOBRE EL COLOR EN LA CARNE DE CERDO.

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	F-Valor	Pr > F
Dosis Vit E	2	1.38	0.69	5.73	0.0390
Rep(Dosis)	18	3.18	0.18	1.47	0.1397
Día	3	4.88	1.63	13.51	<0.0001
Dosis*Día	6	2.74	0.46	3.80	0.0031
Error	54	6.50	6.5		
Total	83				

R-cuadrado: 0.65

Coeficiente de Variación: 9.64%

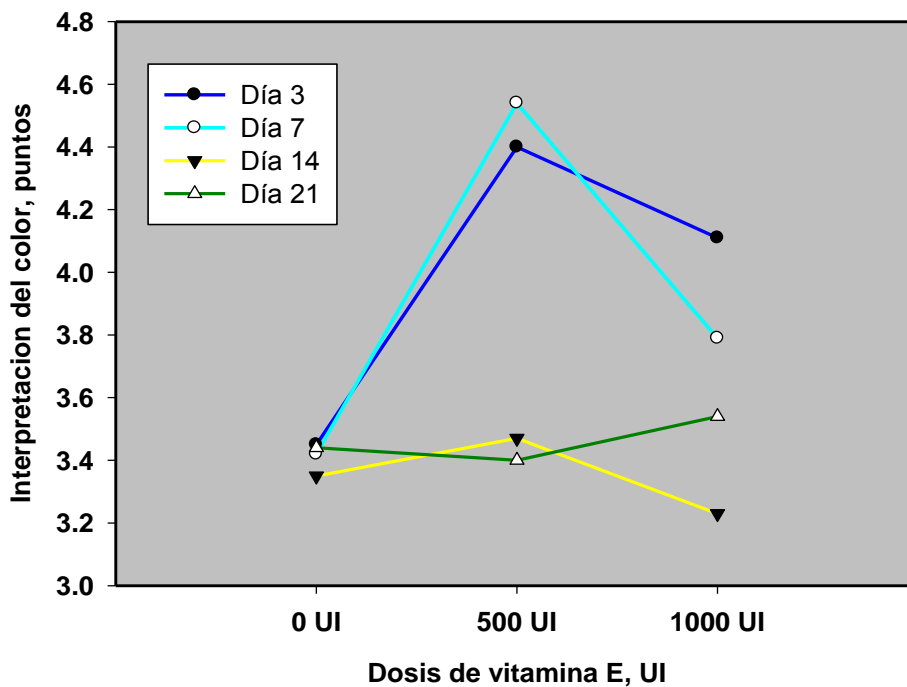
En la literatura se reportan resultados para la medición de color empleando equipos que permiten determinar la escala cromática de la muestra. Entre estos esta el uso de espectrofotómetros y colorímetros. El sistema más empleado ha sido definido por la Comisión Internacional de la Iluminación (Commission International du l'Éclairage, CIE). El sistema CIE-Lab se basa en el uso de estándares de iluminación y calcula las coordenadas de color L^* (luminosidad), a^* (coordenada verde-rojo) y b^* (coordenada azul-amarillo) mediante el uso de espectrofotómetros o colorímetros (CARNETEC, 2008).

Debido a limitaciones, en este experimento se compararon subjetivamente fotografías tomadas a los cortes provenientes de los animales. Al emplear una escala de color de 1.0 a 5.0, se observó que a medida que se incrementó la dosis de vitamina E, la carne presentaba un color más oscuro comparado con los testigos (3.41, 3.67 y 3.70, pata T_1 , T_2 y T_3 , respectivamente). Se observó que el color de los cortes tomado al día 3, fue decreciendo con los días de maduración, excepto entre el día 14 y 21, donde se obtuvo un color más pálido grisáceo al día 14 (Figura 2).

La mioglobina es la proteína que da a la carne su color, y tiene una coloración púrpura rojiza profunda. Cuando la mioglobina se combina con el oxígeno se convierte en oximioglobina, y le da a la carne fresca el deseado color rojo cereza. Tanto la mioglobina como la oximioglobina son capaces de perder un electrón, lo que es el proceso de oxidación. El resultado de la oxidación de cualquiera de los dos pigmentos resulta en la formación de metamioglobina, un

pigmento que da a la carne un color café en bovinos y un color rosa grisáceo a la carne de cerdo. En la carne fresca, la metamioglobina puede convertirse nuevamente en oximioglobina o mioglobina, pero no infinitamente, y cuántas veces este proceso se puede repetir es incierto. Lo que si es certero es que una vez la metamioglobina se ha formado, la apariencia de la carne fresca no será tan atractiva a el consumidor. Así que, la clave en mantener el color de la carne fresca está en prevenir la oxidación y promover la oxigenación (Carnetc, 2008).

FIGURA 2. EFECTO DE INTERACCIÓN ENTRE LA DOSIS DE VITAMINA E POR EL TIEMPO DE MADURACIÓN SOBRE EL COLOR EN LA CARNE DE CERDO.



4.3. pH de la carne.

En el cuadro VI se muestra el análisis de varianza para el efecto de la dosis de vitamina E, tiempo de maduración y el efecto de interacción entre la dosis de vitamina E por el tiempo de maduración, sobre el pH en la carne de cerdo.

CUADRO VI. ANÁLISIS DE VARIANZA PARA EL EFECTO DE LA SUPLEMENTACIÓN DE VITAMINA E SOBRE EL PH EN LA CARNE DE CERDO.

Fuente de Variación	de Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	F-Valor	Pr > F
Dosis Vit E	2	0.55	0.28	4.39	0.1131
Rep(Dosis)	18	2.02	0.11	1.78	0.0565
Día	3	1.37	0.46	7.23	0.0004
Dosis*Día	6	0.17	0.03	0.44	0.8450
Error	49	3.10	0.06		
Total	78				

R-cuadrado: 0.56

Coefficiente de Variación: 4.26%

Se puede observar que no hubo diferencias significativas en el pH de la carne, al administrar distintas dosis de vitamina E ($P > 0.05$). Por el contrario, al transcurrir los días de maduración se produjeron cambios en esta variable ($P < 0.001$). No se

observó efecto de interacción ($P>0.05$), entre la dosis de vitamina E por el tiempo de maduración. Se obtuvo un coeficiente de variación de 4.26 por ciento, lo que revela que los resultados obtenidos no se vieron afectados por factores fuera de la investigación que influyeron en las medidas de pH. Ya que el pH, es afectado no solo por factores genéticos, sino también factores como el manejo previo al sacrificio, desde el transporte, sala de espera y el procedimiento de matanza, y las condiciones ***postmortem*** de la canal, que repercutirá positiva o negativamente en el pH. Esto lo confirman Guerrero y Arteaga (1990), quienes explican que el estrés o tensión del animal antes y durante la matanza y la condición ***postmortem*** y el tiempo posterior de almacenamiento intervienen en los resultados de pH final.

Piquer (2000) igualmente nos dice que la actividad física o estrés (movimiento de animales durante carga y descarga, transporte y peleas) que provoque un aumento de la concentración de catecolaminas en plasma resulta en el inicio de la glucogenólisis. Una glucogenólisis continuada provoca una disminución de las reservas de glucógeno muscular, y por tanto, falta de sustrato ***postmortem*** para provocar la caída de pH, siendo el resultado final una carne DFD. Por otro lado, Piquer (2002) agrega que un estrés agudo momentos antes o en el momento del aturdimiento provoca un aumento de ácido láctico cuando la temperatura es aún elevada, siendo el resultado final una carne PSE.

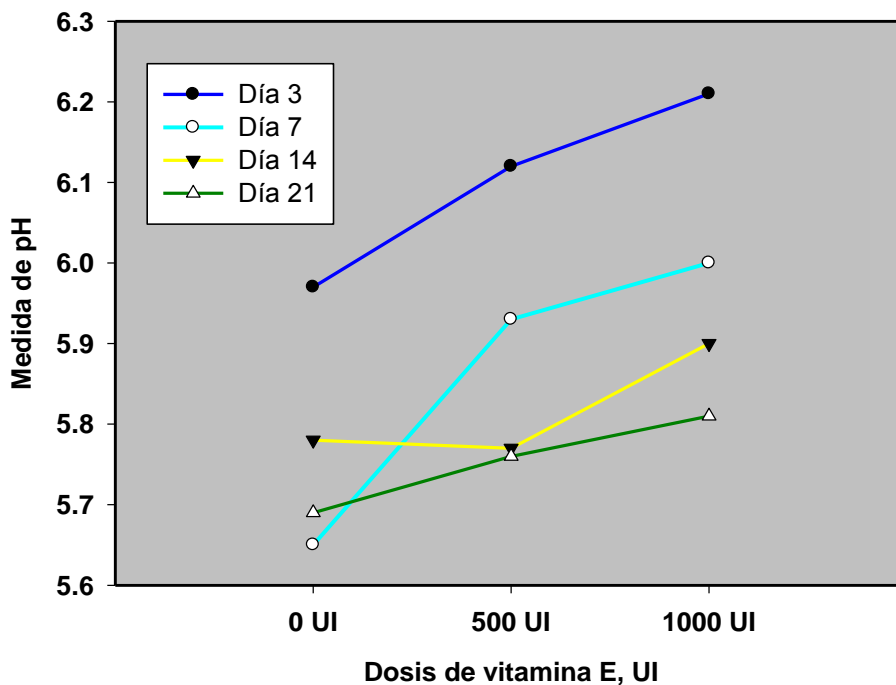
Como se presenta en el cuadro III, la comparación de medias para el efecto de dos niveles de vitamina E sobre el pH, nos indica que el pH de la carne fue similar, con las dosis de vitamina E ($P>0.05$), promediando 5.77, 5.90, 5.98 para los tratamientos T_1 , T_2 y T_3 , respectivamente. Resultados similares fueron obtenidos por Guo y col. (2009), donde la suplementación de vitamina E en la dieta, tuvo poca influencia en el pH muscular, lo cual es consistente con otros estudios realizados por Cannon y col. (1996) y Eikelembon y col. (2000). Por otro lado, aunque no se presentaron resultados significativos en cuanto a cambios en el pH, se puede observar que se mantuvo un pH ligeramente ácido, con tendencia hacia un pH neutro, con resultados favorables para la calidad de la carne ya que un pH por encima de seis produce carnes DFD y por debajo de seis PSE. Nos comenta Forrest y col. (1975) que la caída normal del pH en la musculatura del cerdo por un descenso gradual va desde un pH aproximadamente de siete en el músculo vivo, hasta 5.60 a 5.70 transcurridos de seis a ocho horas desde el sacrificio, para alcanzar el pH último (generalmente 24 horas después de la muerte) de aproximadamente de 5.30 a 5.70. En síntesis, el pH normal para la carne de cerdo se espera que se encuentre en un rango según Forrest y col. (1975), de 5.30 a 6.80, dentro del cual se encuentran nuestros resultados. Sin embargo, hubo una disminución en el pH a medida que transcurrían los días de maduración ($P<0.001$). Tal como explica Zimmerman (2008), esta condición se debe a que una vez sacrificado el animal se lleva a cabo el proceso de transformación del músculo en carne. En el músculo en reposo, el adenosín tri-fosfato (ATP) sirve para mantener el músculo en estado

relajado. Tras la muerte del animal, cesa el aporte sanguíneo de oxígeno y nutrientes al músculo, de manera que el mismo debe utilizar un metabolismo anaeróbico para transformar sus reservas de energía (glucógeno) en ATP con el fin de mantener su temperatura y la integridad estructural. El ATP formado se obtiene a través de la degradación de glucógeno en ácido láctico. Este último ya no puede ser retirado por el sistema sanguíneo, por lo tanto va a provocar el descenso del pH muscular (Warris, 2003). Este proceso se va aumentando con los días de maduración, situación que confirma Devries y col. (2003), donde también nos dice que tras el sacrificio del animal, se desencadenan una serie de reacciones que determinan el tipo de carne que se obtendrá al final del proceso. Una de las rutas metabólicas más decisivas, que tienen lugar en el músculo del animal sacrificado, es la glucólisis anaerobia *postmortem*, que se produce a partir del glucógeno muscular contenido en el animal, dando lugar a ácido láctico y su consecuente descenso del pH. Con la finalidad de que el “pH final” de la carne se establezca en un nivel adecuado (5.5, aunque existen diferencias entre especies) la glucólisis deberá ser lenta y completa. Cuando el pH llega a este nivel óptimo, suficientemente bajo, ciertas enzimas críticas del proceso, principalmente la fosfofrutoquinasa es inhibida y la glucólisis cesa (Garrido, 2005).

Al observar la figura 3, se muestra que no hubo efecto de interacción entre la dosis de vitamina E y el tiempo de maduración ($P > 0.05$) sobre el pH de la carne de cerdo. Es decir que los resultados obtenidos por el efecto de la dosis de vitamina E, son totalmente independiente, de los obtenidos por el tiempo de

maduración. Por esta razón se analizó por separado el efecto de la dosis de vitamina E y el tiempo de maduración sobre el pH. Se observa un leve incremento, más no significativo ($P>0.05$). Por otro lado, el tiempo de maduración si afectó significativamente ($P<0.05$) al pH de la carne. Al observar la figura 2 se puede ver la disminución del pH al aumentar los días de maduración, desde el día 3 hasta el día 21. Como se mostró anteriormente en el cuadro IV, esta disminución se debe a que al aumentar los días de maduración las reacciones químicas y bioquímicas que se dan en el músculo aumentan para llegar al pH último (5.5), donde el músculo ya se ha transformado en carne.

FIGURA 3. EFECTO DE INTERACCIÓN ENTRE LA DOSIS DE VITAMINA E POR EL TIEMPO DE MADURACIÓN SOBRE EL PH EN LA CARNE DE CERDO.



4.4. Capacidad de Retención de Agua.

En el cuadro VII se muestra el análisis de varianza para el efecto de la dosis de vitamina E, tiempo de maduración y el efecto de interacción entre la dosis de vitamina E por el tiempo de maduración sobre la capacidad de retención de agua en la carne de cerdo. Tanto la dosis de vitamina E y los días de maduración afectaron la capacidad de retención de agua en la carne de cerdo ($P < 0.05$), pero no se encontró efecto de interacción entre estas variables ($P > 0.05$). El coeficiente de variación (19.73 por ciento) y el coeficiente de relatividad de 0.86 indican que no hubo marcados factores fuera de la investigación que afectaron los resultados de la investigación.

CUADRO VII. ANÁLISIS DE VARIANZA PARA EL EFECTO DE LA SUPLEMENTACIÓN DE VITAMINA E SOBRE LA CAPACIDAD DE RETENCIÓN DE AGUA EN LA CARNE DE CERDO.

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	F-Valor	Pr > F
Dosis Vit E	2	103.82	51.91	13.03	<0.0033
Rep(Dosis)	18	117.19	6.51	1.63	0.0888
Día	3	956.99	318.99	80.09	<0.0001
Dosis*Día	6	18.87	3.14	0.79	0.5824
Error	48	191.18	3.98		
Total	77				

R-cuadrado: 0.86

Coefficiente de Variación: 19.73%

Como se muestra en el cuadro III la capacidad de retención de agua determinada a través del agua expelida fue incrementada por la dosis de vitamina E ($P < 0.01$), registrando valores respectivos para T_1 , T_2 y T_3 de 11.2%, 10.1% y 8.4%. Esto se debe a que la vitamina E ayuda a preservar la integridad de las membranas, permitiendo así, la retención de las mismas. Resultados similares fueron obtenidos por Aguirre (1999) y Monahan y col. (1992), donde encontraron que al prevenir la oxidación de los lípidos, también se preservaba la integridad de las membranas celulares, permitiendo así una mayor retención de agua en la carne. Por otro lado, Hurtado y col. (2001) nos comentan que chuletas congeladas de cerdo alimentados con 200 unidades internacionales de vitamina E por kilogramo en la dieta mostraron menos exudación durante el descongelamiento. Igualmente, otros autores han reportado disminución de el agua expelida cuando los niveles de vitamina E en la dieta fueron de 100 a 200 miligramo por kilogramo de alimento (Monahan y col., 1992). En estudios realizados por Guo y col. (2009), la suplementación fue de 200 unidades internacionales por kilogramo de alimento, lo cual no alteró los valores de capacidad de retención de agua. Sin embargo, los niveles de 400 unidades internacionales por kilogramo aumentaron la capacidad de retención de la misma.

Con el tiempo de maduración (Cuadro IV), la carne perdió capacidad de retención de agua ($P < 0.001$). Esto se debe a que la capacidad de retención de agua esta íntimamente relacionada con el pH del músculo, referente a esto

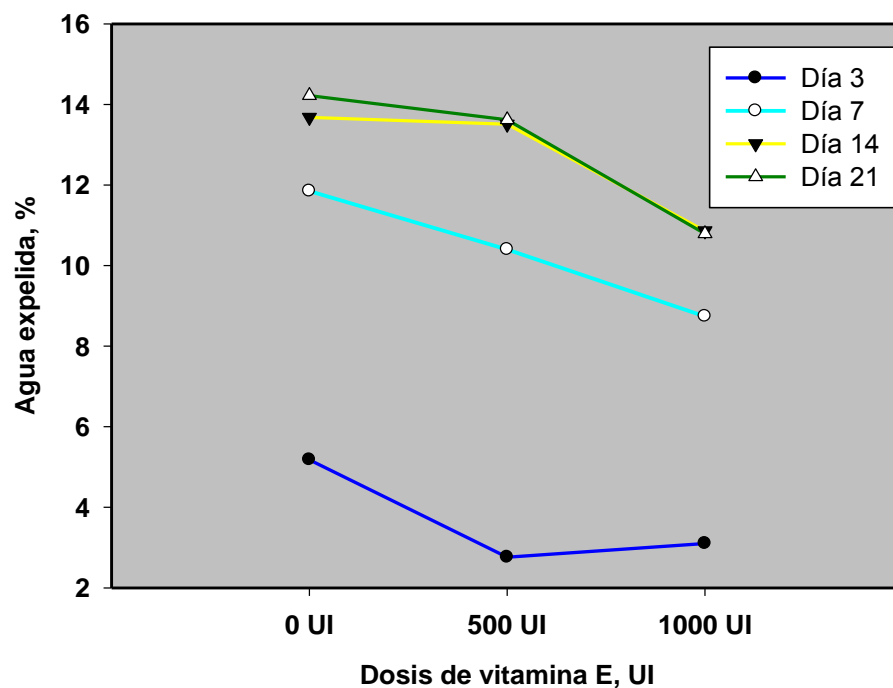
Elergonomista (2009) nos dice que al producirse una bajada brusca de pH, se produce la desnaturalización de las proteínas siendo estas incapaces de retener agua. El agua contenida antes en las proteínas miofibrilares sale al espacio intercelular. Por otra parte, una aproximación al punto isoeléctrico determina una pérdida de la capacidad de retención de agua por la lógica disminución de las cargas libres.

Se observa en la figura 4 que no hubo efecto de interacción entre la dosis de vitamina E y el tiempo de maduración ($P > 0.05$) sobre la capacidad de retención de agua en la carne porcina. Por lo cual se puede decir, que los resultados obtenidos con la administración de la vitamina E en la capacidad de retención de agua, son totalmente independientes de los obtenidos por los días de maduración. Por esta razón se analizó por separado el efecto de la dosis de vitamina E y el tiempo de maduración sobre la capacidad de retención de agua de la carne.

La capacidad de retención de agua se vio incrementada a medida que se aumentó la dosis de vitamina E, en cambio, el efecto del tiempo de maduración sobre la capacidad de retención de agua no fue favorable, ya que la misma disminuyó a medida que transcurrió el tiempo. Como se mencionó anteriormente, esto está relacionado con el descenso del pH y como lo afirma Arnau (1998), donde nos explican que el descenso del pH provoca un encogimiento de las cadenas polipeptídicas que conllevan a una disminución de

la capacidad de la carne para retener agua. Añaden estos autores que la capacidad de retención de agua está estrechamente ligada al pH último y guarda un valor más alto cuanto más alto sea el valor de pH. Cuando la caída del pH es más rápida, las alteraciones sufridas por las proteínas miofibrilares y sarcoplasmáticas se traducen en un descenso en la capacidad de retención de agua.

FIGURA 4. EFECTO DE INTERACCIÓN ENTRE LA DOSIS DE VITAMINA E POR EL TIEMPO DE MADURACIÓN SOBRE LA CAPACIDAD DE RETENCIÓN DE AGUA EN LA CARNE DE CERDO.



V. CONCLUSIONES

- Al incrementar la dosis de vitamina E en la dieta de cerdos en etapa de finalización, disminuyó la oxidación lipídica y aumentó el color y la capacidad de retención de agua en la carne porcina, mientras el pH no se vio afectado.
- El tiempo de maduración no afectó la oxidación lipídica, pero si disminuyó el pH, el color y la capacidad de retención de agua de la carne de cerdos en la etapa de finalización.
- La suplementación de vitamina E en la etapa de finalización de cerdos es una estrategia eficaz para proteger la carne de la oxidación de los lípidos, disminución del pH y la pérdida de agua, mejorando su calidad tecnológica.

VI. RECOMENDACIONES

Realizada esta investigación afirmamos la importancia de los antioxidantes sobre las características sensoriales y tecnológicas de la carne de cerdo. Recomendamos de esta manera, la suplementación con vitamina E en la etapa de finalización de cerdos como una estrategia práctica para proteger la carne de los efectos de la caída del pH que origina la oxidación de los lípidos, que promueve la pérdida de agua de la carne y produce cambios en su color.

El costo de 100 libras de alimento para los animales que no recibieron la suplementación de vitamina E (T_1) fue de B/. 18.00. Para T_2 y T_3 fue de B/. 19.70 y 21.47, respectivamente. Si el costo diario de alimentación por animal para T_1 fue de B/. 1.08, con la suplementación de vitamina E se incrementó el costo en 0.10 y 0.20 centavos por animal por día, para T_2 y T_3 , respectivamente. Se hace necesario entonces hacer un estudio más exhaustivo con otras fuentes y dosificaciones de vitamina E que sean más baratas y que no afecten la rentabilidad del negocio.

VII. BIBLIOGRAFÍA

Aguirre, S. 1999. Ingredientes que aumentan la capacidad de retención de agua en productos cárnicos. En línea, consultado el 15 de septiembre de 2009. Disponible en: www.itescam.edu.mx/principal/sylabus/fpdb/.../r24251.DOC.

AMSA. 1991. Guidelines for Meat Color Evaluation. National Live Stock and Meat Board, Chicago, IL. Proc. Annu Recip. Meat Conf. 44:3.

Araiza, A. 2001. Efecto de la dieta sobre la calidad de la carne cerdo. Avances Agropecuarios. Universidad de Sonora. México. En línea, consultado el 31 de julio de 2009. Disponible en: www.dagus.uson.mx/publicaciones/Marzo_Zoo.

Arnau, J. 1998. Principales problemas tecnológicos en la elaboración de jamón curado. En línea, consultado el 3 de agosto de 2009. Disponible en: <http://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=577557>

Benlloch, A. 1999. New Developments in guaranteeing the optimal sensory quality of meat. España. En línea, consultado el 26 de junio de 2009. Disponible en: <http://www.etsia.upm.es/fedna/capitulos/99CAP8.pdf>

Berwal, J; R. Novakofski. 1999. Interactive lesson in Meat Science. En línea, consultado el 15 de abril de 2009. Disponible en: www.ansci.uiuc.edu

Buege, J.; S. Aust. 1978. Microsomal Lipid Peroxidation. Methods in Enzymology. En Línea, consultado el 18 de noviembre del 2008. Disponible en: <http://www3.interscience.wiley.com/journal/120048685/abstract>

Cannon, J.E; J.B Morgan; G.R. Schmidt; J.D Tatum; J.N. Sofos; G.C Smith; R.J Delmore; S.N. Williams. 1996. Growth and fresh meat quality characteristics of pigs supplemented with vitamin E. Consultado el 2 de enero de 2009. Disponible en: [http://jas.fass.org/cgi/search?andorexactfulltext=and&resourcetype=1&disp_type=&sortspec=relevance&author1=CANNON&fulltext=Vitamin+E&pubdate_year=1996&volume=&firstpage=.](http://jas.fass.org/cgi/search?andorexactfulltext=and&resourcetype=1&disp_type=&sortspec=relevance&author1=CANNON&fulltext=Vitamin+E&pubdate_year=1996&volume=&firstpage=)

Cañeque, V. 2006. La carne, aspectos químicos y estructurales que afectan a su calidad. En línea, consultado el 14 de septiembre de 2009. Disponible en: <http://issuu.com/veterinaria.org/docs/101008redvet>

Carduza, F.; G. Grigioni; M. Irueta. 2000. Evaluación organoléptica de calidad en Argentina carne. En línea, consultado 17 de mayo 2009. Disponible en: http://www.ipcva.com.ar/vertext.php?id=131_

CARNETEC. 2008. El uso de antioxidantes para conservar el color de la carne fresca. En línea, disponible en:
<http://www.agromeat.com/index.php?idNews=80745>.

Castillo, I. 2004. Mejoramiento de la vida de anaquel de la carne. En línea, consultado 15 de agosto 2009. Disponible en:
http://ammvneb.net/XXVII%20CNB/memorias/Platicas_Magistrales/Magistral_13_Mejoramiento_de_la_vida.doc.

Castro, N.A. 2008. Manejo y conservación de la cerdo de cerdo. En línea, consultado el 15 de septiembre de 2009. Disponible en:
<http://kogi.udea.edu.co/talleres/Diplomatura%20producci%C3%B3n%20porcina%202008/Nestor%20Angel/666%20MANEJO%20Y%20CONSERVACI%C3%93N%20DE%20LA%20CARNE%20DE%20CERDO.ppt>.

Cheah, K.S; A.M Cheah; D.I. Krausgrill. 1995. Effect of dietary supplementation of vitamin E on pig meat quality. En línea, consultado el 23 de agosto de 2009. Disponible en:
<http://www3.interscience.wiley.com/journal/118521992/abstract>

Coma J; J. Piquer. 2000. Calidad de carne en porcino: efecto de la nutrición. Grupo Vall Companys. En línea, consultado el 19 de septiembre de 2009. Disponible en: <http://www.etsia.upm.es/fedna/capitulos/98CAPIX.pdf>.

CONSUMER EROSKI. 2003. Nutricionistas resaltan la importancia de la vitamina E en la carne de porcino. En línea, consultado el 12 de septiembre de 2009. Disponible en:
<http://www.consumer.es/web/es/alimentacion/2002/08/01/50015.php>

Devries, a.g., I. Faucitano; A. Sosnicki;G.S. Plastow. 1999. New developments in guaranteeing the optimal sensory quality of meat. En Línea, consultado el 10 de septiembre de 2009. Disponible en:
http://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0301732X2001000200001&script=sci_artte.

Daza, A; C.J. López; A. Rey. 2007. Influencia de la vitamina E sobre algunas características de la carne de corderos ligeros. Revista Ganadería, ISSN: 1695-1123. Editorial Agrícola Española. En Línea, consultado el 22 de julio de 2009. Disponible en:
<http://grasasyaceites.revistas.csic.es/index.php/grasasyaceites/article/viewArticle/573>

De la Fuente, J; M.T. Díaz; I. Álvarez; S. Lauzurica; C. Pérez; V. Cañeque. 2005. Comportamiento y bienestar del animal. Estandarización de las metodologías para evaluar la calidad del producto. En línea, consultado el 22 de agosto de 2009. Disponible en:
http://www.inia.es/gcontrec/pub/ta_2005_1191939301609.pdf

Daudin, J.D. 1991. La congelación en la tecnología de la carne y de los productos cárnicos. Editorial Acribia Zaragoza, España.

D.O.U.E. 2004. Reglamento del Parlamento Europeo y del consejo por el que se establezcan normas específicas de higiene de los Alimentos Destinados al Consumo Humano. Diario oficial de la unión Europea. En línea, consultado en: <http://books.google.com>

Eikelenboom, G.; A. Hoving-Bolink; I. Kluitman; J. Houben; R. Klont. 2000. Effect of dietary vitamin E supplementation on beef color stability. Meat Science. En línea, consultado el 30 de noviembre de 2008. Disponible en: http://www.sciencedirect.com/science?_ob=ArticleURL&_udi=B6T9G-47P1RWJ-2&

Eusse, J.C. 2000. La carne de cerdo, Guía práctica para su comercialización. Medellín, Colombia. En línea, consultado el 3 de septiembre del 2009. Disponible en: <http://www.sian.info.ve/porcinos/eventos/expoferia/jorge.htm>

Faustman, C. 1990. The Biochemical Basis for Discoloration in Fresh Meat. En línea, consultado el 22 de enero del 2009. Disponible en: <http://www3.interscience.wiley.com/journal/120001801/abstract>

Forrest, J.C; E.D. Aberle; H.B. Hedrick; M.D. Judge; R.A. Merkel. 1975. Fundamentos de ciencia de la carne .Editorial Acribia. Zaragoza, España.

Grady, M; F. Monahan; J. Bailey; P. Allen; D. Buckley; M. Keane. 1998. Colour-Stabilising Effects of Muscle Vitamin E in Minced Beef Stored in High Oxygen Packs. En línea, consultado el 10 de septiembre de 2009. Disponible en: http://www.sciencedirect.com/science?_ob=ArticleURL&_udi=B6T9G-4BN0H5P-1&_user=10&_rdoc=1&_fmt=&.

Guerrero, I; M.R. Arteaga. 1990. Tecnología de las carnes: elaboración y preservación de productos cárnicos. México: Editorial Trillas UAM.

Guo, Q; B.T. Richert; J.R. Burgess; D.M. Webel; D.E. Orr; M. Blair; A.L. Grant; D.E. Gerrard. 2009. Efecto de la Suplementación con Vitamina E y Tiempo de Alimentación en la Calidad de la Carne de Cerdo. En línea, consultado el 30 de agosto de 2009. Disponible en: http://www.alimentariaonline.com/media/MLC029_vitae.pdf

Hamm, R. 1975. Water-holding Capacity of meat. The Avi Publishing Co., Westport. En línea, consultado el 24 de septiembre del 2009. Disponible en: <http://www3.interscience.wiley.com/journal/119557284/abstract>.

Hill, G; Williams, S. 1995. Vitamin E effects on performance of growing-finishing beef cattle and meat quality. http://www.ads.uga.edu/annnrpt/1995/95_025.htm.

Huerta, M; M. Ortega; M. C. Peralta; J G. Herrera; A. Díaz; R. Guinzberg. México. 2001. Estrés oxidativo y el uso de antioxidantes en animales domésticos. En línea, consultado el 10 de septiembre de 2009. Disponible en: http://www.scielo.org.ve/scielo.php?pid=S037818442005001200002&script=sci_arttext.

Lawrie, R.A. 1974. Ciencia de la carne. Editorial Acribia, Primera edición, Editorial Acribia, Zaragoza España.

Lawrie, R.E. 1998. Calidad comestible de la carne Ciencia de la Carne. Tercera Ed., Editorial Acribia, Zaragoza, España.

Liu, Q; K. Scheller; S. Arp; D. Schaefer; M. Frigg. 1996. Color coordinates for assessment of dietary vitamin E effects on beef color stability. J. Ani. Sci. 74:106-116. En línea, consultado el 14 de agosto de 2009. Disponible en: http://ammveb.net/XXVII%20CNB/memorias/Platicas_Magistrales/Magistral_13_Mejoramiento_de_la_vida.doc

López, C; A.I Rey; R, Sanz. 1999. Influence of dietary á-tocopheryl-acetate supplementation on oxidative deterioration and weight loss in sliced dry cured ham. En línea, consultado el 15 de enero de 2009. Disponible en: <http://grasasyaceites.revistas.csic.es/index.php/grasasyaceites/article/viewArticle/573>

López, C; J. Ruiz; A. Rey; A. Daza. 2005. Efecto de la nutrición en la calidad de la grasa del jamón de Teruel. Tercer congreso mundial del Jamón, sobre ciencia, Tecnología y comercialización. (Teruel). En línea, consultado el 18 de mayo de 2009. Disponible en: <http://dialnet.unirioja.es/servlet/aleaut?codigo=613349>

López, C. 2003 Alimentación: Factor primordial en la diferenciación de productos de cerdos. En línea, cconsultado el 23 de abril 2009. Disponible en: www.porcinocultura.com

López, C. 2004. Control mediante la alimentación animal de la composición de la carne. En línea, consultado el 2 de enero de 2009. Disponible en: http://www.racve.es/actividades/zootecnia/2004-03_17ClementeLopezBote.htm.

Manu-Tawiah, W; L. Ammann; J. Sebranek; R. Molins. 1991. Extending the color stability and shelf life of fresh meat. Food Technology. March: 94-102. En línea, consultado el 12 de diciembre del 2008. Disponible en: www.meatscience.org/.../wp_002_2008_CO_MAP_Packaging.pdf

Marchese, P. 2002. Los antioxidantes. En línea, consultado el 17 de mayo 2009. Disponible en: <http://www.pasqualinonet.com.ar/Antioxidantes.htm>

Mitsumoto, M; S. Oszawa; T. Mitsuhashi; K. Koide. 1998. Effect of dietary vitamin E supplementation for one week before slaughter on drip, color and lipid stability during display Japanese black steer beef. *Meat Science* 2: 165-174.

Monahan, F.J; J.I. Gray; A.M. Booren; E.R. Miller; D.J. Buckley; P.A. Morrissey; A. Goma. 1992. Influence of dietary treatment on lipid and cholesterol oxidation in pork. En línea, consultado el 15 de mayo de 2009. Disponible en: <http://books.google.com/books>.

Moreno, F.; Moreno, B. 2006. Reacciones, higiene e inspección *postmortem* en la carne. En línea, consultado el 29 de septiembre de 2009. Disponible en: <http://www.uco.es/nutybro/personal/jodral/reacciones/higiene>.

Morrissey, P.A; P. Sheehy; K. Galvin; P. Kerry; J. Buckley. 1998. Lipid Stability in Meat and Meat Products. *Meat Science* 49.1.S73-S86.

Mora, A. 2002. Calidad de la carne y las vitaminas antioxidantes. En línea, consultado el 15 de abril 2009. Disponible en: <http://www.feednet.ucr.ac.cr/bromatologia/Calidad%20de%20la%20carne%20y%20las%20vitaminas%20Antioxidantes.pdf>

Oldfield, JE. 2003. Some recollections of early swine research with selenium and vitamin E. *J. Anim. Sci.* 81 (Suppl. 2). En línea, consultado el 15 de agosto 2009. Disponible en E145-148. http://www.scielo.org.ve/scielo.php?pid=S0378-18442005001200002&script=sci_arttext

Popa, P; M. Niculita; C. Ghidurus; M. Rodica; M. Habean. 2006. Efecto de la dieta con antioxidante vitamina E en diferentes tejidos porcinos. Universidad de Agronomía y Ciencias Veterinarias. Bucarest, Rumanía. En línea, consultado en: <http://dev.laptop.org/~cjb/incominglinks.output.sorted>

Piquer, J. 2000. Nuevas perspectivas en el uso de oligoelementos y vitaminas en alimentación animal. En línea, consultado el 15 de agosto 2009. Disponible en <http://www.etsia.upm.es/fedna/capitulos/98CAPIX.pdf>.

Renner, M; F. Dumont; P. Gatellier. 1996. Antioxidant Enzyme Activities in Beef in Relation to Oxidation of Lipid and Myoglobin. *Meat Science*. En línea, consultado el 29 de septiembre del 2009. Disponible en: http://www.sciencedirect.com/science?_ob=ArticleURL&_udi=B6T9G

Richardson, R. 1997. Importance of antioxidants in ruminant diets and implications for meat quality. En línea, consultado el 24 de agosto de 2009. Disponible en: http://ammveb.net/XXVII%20CNB/memorias/Platicas_Magistrales/Magistral_13_Mejoramiento_de_la_vida.doc

ROCHE. 1994. Vitamin Nutrition for Ruminants. Hoffmann. La Roche Inc. Nutley, NJ USA. En línea, consultado el 24 de agosto del 2009. Disponible en: http://ammveb.net/XXVII%20CNB/memorias/Platicas_Magistrales/Magistral_13_Mejoramiento_de_la_vida.doc

Ruíz, J; C. López. 2005. Alimentación y calidad sensorial en cerdos destinados a la obtención de productos cárnicos de calidad diferenciada. En línea, consultado el 24 de agosto de 2009. Disponible en: <http://www.etsia.upm.es/fedna/capitulos/99CAP9.pdf>

Sañudo, C. 1993. Curso: Tecnología y Calidad en los Productos Cárnicos. Universidad Pública de Navarra.

SAS.1999. Statistical Analysis Software. SAS Institute Inc., Cary, NC, USA.

Smith, L. 1981. Cholesterol autoxidation. En línea, consultado el 8 de agosto de 2009. Disponible en: <http://www.etsia.upm.es/fedna/capitulos/99CAP9.pdf>

Smith, G; J. Morgan; J. Sofos; J. Tatum. 1996. Supplemental Vitamin E in Beef Cattle diets to improve Shelf-life of beef. Animal Science Technology.

Warris, P.D. 2003. Ciencia de la carne. Editorial Acribia, Zaragoza, España.

Winne, P; A, Dirinck, 1997. Studies on vitamin E and meat quality III. Effect of feeding high vitamin E levels to pigs on the sensory and keeping quality of cooked ham. En línea, consultado el 25 de octubre 2008. Disponible en: <http://www.etsia.upm.es/fedna/capitulos/98CAPIX.pdf>

Wismer, J. 1994. Ciencia de la Carne y de los Productos Cárnicos. Eds. J.F. Price y B.S. Schweigert. Ed. Acribia, S.A., Zaragoza: 126.

Wolter, R; C. Jean. 1998. Rancissement et antioxydation de lipides en nutrition.

Yang, A; M. Brewster; M. Lanari; R. Tume. 2002a. Effect of vitamin E supplementation on α -tocopherol y β -carotene concentrations in tissues from pasture and grain fed cattle. Meat Science.

Yang, A; M. Lanari; M. Brewster; R. Tume. 2002b. Lipid stability and meat colour of beef from pasture and grain fed cattle with or without vitamin E supplement. Meat Science.

Zerby, H; K. Belk; J. Sofos; L. M^cDowell; G. Smith. 1999. Case life of seven retail products from beef cattle supplemented with Alfa-Tocopheryl Acetate. J. Anim. Sci. 77:2458-2463.

ANEXO 1. ETIQUETA DE LA FUENTE DE VITAMINA E UTILIZADA EN EL ESTUDIO.

A feed supplement for use in the daily feed ration of horses.

AMOUNT TO FEED:
Feed 1 ounce per day.

A one ounce scoop is enclosed.

CAUTIONS: Take time to observe label directions. For animal use only. Keep out of reach of children. Close container after each use. Store in a cool, dry place.



Money Back Guarantee:
If you're not happy with the results, return for a full refund!

1,000 mg. of Vitamin E per ounce!

For more info
www.gp-equine.com
(888) GP INFORMATION

Net Weight: 4 Pounds (1.81 kg.)

Supplement Facts	
Serving Size: 1 Ounce	
Servings per container: 64	
Ingredient	Minimum per serving
Vitamin E	1,000 I.U.
Ingredients: Calcium Carbonate, Rice Hulls, Alpha Tocopheryl Acetate, Lecithin, Mineral Oil, natural flavoring.	



6 53970 03100 2

GATEWAY PRODUCTS, INC. HOLLY, COLORADO, U.S.A. 81047

ANEXO 2. RUTINA DE LIMPIEZA DE LOS CORRALES ANTES DEL SUMINISTRO DE LA ALIMENTACIÓN A LOS CERDOS.



ANEXO 3. RUTINA DE ALIMENTACIÓN DE LOS CERDOS DURANTE LOS 44 DÍAS DE SUPLEMENTACIÓN.



ANEXO 4. COLECTA DE MUESTRAS DEL *Longissimus dorsi* EN LA PLANTA PROCESADORA DE EMBUTIDOS TONY EN LAS LOMAS.



ANEXO 5. COLECTA DEL *Longissimus dorsi* EN LA PLANTA PROCESADORA DE EMBUTIDOS TONY EN LAS LOMAS.



ANEXO 6. SEPARACIÓN DE LAS MUESTRAS DEL *Longissimus dorsi* EN LA PLANTA PROCESADORA DE EMBUTIDOS TONY EN LAS LOMAS.



ANEXO 7. ALMACENAMIENTO DE LAS MUESTRAS DEL *Longissimus dorsi* PARA SER TRANSPORTADAS AL LABORATORIO DE BROMATOLOGIA DEL IDIAP.



ANEXOS 8. MUESTRA DEL *Longissimus dorsi* COLECTADO PARA EL ESTUDIO.



ANEXO 9. CONSERVACIÓN DE LAS MUESTRAS A SER ANALIZADAS A DIFERENTES DÍAS DE MADURACIÓN.



ANEXO 10. PREPARACIÓN DE LAS MUESTRAS PARA EL ANALISIS DE OXIDACIÓN LIPÍDICA.



ANEXO 11. PESAJE DE MUESTRAS PARA LA DETERMINACIÓN DE RETENCIÓN DE AGUA EN LAS MUESTRAS.



ANEXO 12. MEDICIÓN DEL PORCENTAJE DE AGUA EXPELIDA PARA LA DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD DE RETENCIÓN DE AGUA.



ANEXO 13. MEDICIÓN DEL PH EN LAS MUESTRAS CÁRNICAS.