



**Centro de Investigación en Alimentación
y Desarrollo, A.C.**

**EFFECTO DE LA SUPLEMENTACIÓN DE ÁCIDO
FERULICO Y FERULATO DE ETILO EN EL
COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO Y CALIDAD DE LA
CARNE DE BOVINOS.**

POR

Edgar Fernando Peña Torres

COORDINACIÓN DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS DE ORIGEN ANIMAL

Como requisito parcial para obtener el grado de

MAESTRÍA EN CIENCIAS

Hermosillo, Sonora

Noviembre de 2014

APROBACIÓN

Los miembros del comité designado para la revisión de la tesis de Edgar Fernando Peña Torres, la han encontrado satisfactoria y recomiendan que sea aceptada como requisito parcial para obtener el grado de Maestría en Ciencias.



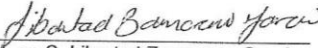
Dr. Humberto González Ríos
Director de Tesis



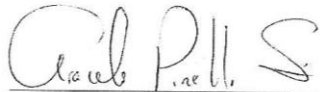
Dra. Etna Aída Peña Ramos
Asesor



M. en C. Martín Valenzuela Meléndres
Asesor



M. en C. Libertad Zamorano García
Asesor

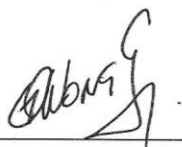


Dra. Araceli Pinelli Saavedra
Asesor

DECLARACIÓN INSTITUCIONAL

La información generada en esta tesis es propiedad intelectual del Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A.C. (CIAD). Se permiten y agradecen las citas breves del material contenido en esta tesis sin permiso especial del autor, siempre y cuando se dé crédito correspondiente. Para la reproducción parcial o total de la tesis con fines académicos, se deberá contar con la autorización escrita del Director General del CIAD.

La publicación en comunicaciones científicas o de divulgación popular de los datos contenidos en esta tesis, deberá dar los créditos al CIAD, previa autorización escrita del manuscrito en cuestión del director de tesis.



Dr. Pablo Wong González
Director General

AGRACEDIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por otorgarme los recursos económicos para el desarrollo de mis estudios de maestría.

Al Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A.C. (CIAD, A. C.) por recibirme y brindarme la oportunidad de realizar la Maestría en Ciencias y otorgarme todas la herramientas necesarias para lograr mi posgrado.

A mi director de tesis, el Dr. Humberto González Ríos por su apoyo, confianza y darme la oportunidad de ser parte de su equipo de trabajo, además de su paciencia, dedicación, profesionalismo y amistad durante estos 2 años de maestría, así como su gran aportación como profesor y asesor de tesis.

Al grupo de investigadores que integró mi comité de tesis y desde un principio dedicaron su tiempo y realizaron valiosas aportaciones en mi trabajo de investigación: Dr. Humberto González, M. en C. Martín Valenzuela, Dra. Aida Peña, Dra. Araceli Pinelli y M. en C. Libertad Zamorano.

A la empresa Laboratorios Minkab S. A. de C. V. por permitirme ser parte del proyecto de investigación y otorgar los recursos necesarios para su realización.

A la empresa Rancho EL 17 S.A de C.V., que otorgó las facilidades para la realización de la prueba de comportamiento animal.

A la M. en C. Libertad Zamorano por su gran apoyo y aporte de conocimientos en el muestreo fisicoquímico, sensorial y de vida de anaquel.

A la Q. B. Thalia Islava Lagarda por su apoyo y colaboración en la etapa de muestreo, análisis químicos, fisicoquímicos, sensoriales y vida de anaquel.

A mis compañeros del grupo de trabajo del área de carnes por su apoyo y aporte de conocimientos que fueron de importancia para mi formación: José

Luis Dávila, Josiel Navarro, Germán Cumplido, Andrés, Héctor, Thalia, Rigoberto, Nidia, Julio, Lisdeth, Melissa, Anna, Rocío, Ilse, Edgar. En especial a *José Luis, Josiel y Héctor*, que les agradezco su valiosa colaboración y ayuda durante la etapa experimental.

A mis compañeros durante la maestría: *Fausto, Alex, Eleazar, Isidro, Edwin, Carolina, Priscila, Eduardo, Cristian, Trinidad, Martín, Rigoberto, Livier*, por su amistad y compañerismo en estos 2 años.

A mis amigos: *Carlos Velarde, Zurisaday, Guillermo, Adriana, Priscila, Adolfo, Gilbher, Carmen, Efrayn, Leonardo, Asahel, Yazmín, Lorena, Alberto, Felipe, Daniel, Javier Villa y Clemente*; por su amistad, consejos y ayuda, durante mi maestría.

A los profesores de CIAD que fueron fundamentales en mi formación y aportaron sus conocimientos durante mi etapa de Maestría en Ciencias.

DEDICATORIA

A Dios, por permitirme lograr mis objetivos y darme la fuerza cada día para realizar todo de la mejor manera posible.

A mi esposa *Nissa Torres* por ser un pilar importante en mi vida, aconsejarme, ayudarme, confiar en mí y amarme siempre. Además de estar siempre conmigo en los momentos buenos y malos que nos han ocurrido a lo largo de nuestra vida. Muchas gracias por todo mi amor.

A mi hijo *Santiago*, que llegó a mi vida para llenarme de felicidad y amor, además de transmitirme toda su alegría y cariño que me dan la fuerza para salir adelante. Aunque no pude dedicarte mucho tiempo algunas veces debido a mis actividades, sabes que te amo con todo mi corazón.

A mi Mamá *Yolanda Torres* por creer en mí y siempre aconsejarme y haberme hecho una persona de bien desde pequeño. Muchas gracias por siempre tratar de ayudarme y quererme en todo momento. Te quiero mucho Mamá.

A mi Padre *Rosendo Peña*, por su ayuda y buenos deseos que siempre tuvo hacia mí, sus consejos y estar pendiente cuando lo necesitaba.

A mis hermanos *Joel y Adrián*, por sus buenas vibras y apoyos que desde lejos me brindaron, siempre han sido muy valiosos para mí.

A mi abuela, tíos, primos, sobrinos que creyeron en mí y aportaron su granito de arena para que este objetivo se cumpliera. Gracias.

A mis suegros, cuñados y tíos que no dudaron de mí y por los buenos momentos que han compartido conmigo además de su calidez cada vez que los visito.

Al Dr. Humberto González, por su amistad, dirección de tesis y todo el empeño que puso en mí para sacar adelante cada etapa de mis estudios de maestría. Muchas Gracias.

En general al grupo de carnes por abrirme las puertas desde el primer día que llegue a CIAD, su gran trato tanto profesional como personalmente durante mi etapa de posgrado.

El éxito se alcanza sólo cuando se tiene con quien compartirlo.

CONTENIDO

ÍNDICE DE CUADROS	xi
ÍNDICE DE FIGURAS	xii
RESUMEN	xiii
ABSTRACT	xv
I. INTRODUCCIÓN	1
II. Antecedentes	4
2.1 Panorama Nacional de Producción y Consumo de Carne de Bovino.....	4
2.2 Sistemas de Producción de Bovinos	5
2.3 Uso de Promotores de Crecimiento en Ganadería	7
2.3.1 Clasificación de los Promotores de Crecimiento	7
2.3.2 Estructura y Mecanismo de Acción de los β -agonistas (B-AA)	9
2.3.3 Implementación de B-AA en la Producción de Carne Bovina.....	11
2.3.4 Efectos negativos del uso de B-AA sobre la calidad de la carne.....	11
2.4 Uso de compuestos de origen natural en la alimentación animal.....	12
2.4.1 Obtención y Propiedades de Ácido Ferúlico (AF).....	13
2.5 Propiedades del Ferulato de Etilo (FE).....	16
2.6 Parámetros de Calidad de la Carne de Bovino y Factores que lo Afectan	18
2.6.1 Calidad Fisicoquímica de la Carne	18
2.6.1.1 pH.	18
2.6.1.2 Color	19
2.6.1.3 Textura de la carne.....	20
2.6.1.4 Capacidad de retención de agua en la carne.....	20

2.6.2 Calidad Sensorial de la Carne	21
2.6.2.1 Percepciones olfatorias	21
2.6.2.2 Percepciones gustatorias	22
2.6.2.3 Percepciones visuales.....	22
2.6.3 Oxidación de Lípidos y su Relación con la Calidad de Carne	23
III. Hipótesis	25
IV. Objetivo general	26
4.1 Objetivos particulares	26
V. Materiales y métodos	27
5.1 Etapa I: Prueba de Comportamiento Productivo y Calidad de la Canal... 27	
5.1.1 Animales y Manejo	27
5.1.2 Tratamientos Experimentales	28
5.1.3 Alimentación y Prueba de Comportamiento Productivo.....	28
5.1.4 Sacrificio y Evaluación de la Calidad de la Canal.....	30
5.1.5 Obtención y Selección de Muestras para Análisis de Carne	31
5.2 Etapa II: Análisis de Calidad de la Carne.....	31
5.2.1 Análisis Químicos	32
5.2.2 Análisis Fisicoquímicos.....	32
5.2.3 Evaluación Sensorial	33
5.3 Etapa III: Estudio de Vida de Anaquel en Carne Fresca	34
5.3.1 Análisis de Vida de Anaquel	35
5.3.2 Evaluación Sensorial	36
5.4 Diseño Experimental y Análisis Estadístico	37
VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	38
6.1 Etapa I: Comportamiento Productivo y Calidad de Canal	38

6.1.1 Comportamiento Productivo	38
6.1.2 Calidad de la Canal	41
6.2 Etapa II: Análisis de Calidad en Carne	45
6.2.1 Calidad Química	45
6.2.2 Calidad Fisicoquímica	47
6.2.3 Calidad Sensorial	50
6.3 Etapa III: Calidad de la Carne Durante su Almacenamiento en Anaquel .	53
6.3.1 Oxidación Lipídica y Porcentaje de Metamioglobina	53
6.3.2 Parámetros de Color L^* a^* b^* , Δa^* , Matiz	57
6.3.3 pH de la carne	63
6.3.4 Cambios en los Atributos Sensoriales	63
VII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	68
VIII. Referencias bibliográficas	70
ANEXOS	82

ÍNDICE DE CUADROS

	Página
Cuadro 1. Ingredientes y composición química de la ración experimental.....	29
Cuadro 2. Comportamiento productivo de vaquillas (media \pm error estándar) suplementadas con ácido ferúlico y ferulato de etilo durante los últimos 30 días de alimentación intensiva.....	39
Cuadro 3. Características de la canal de vaquillas (media \pm error estándar) suplementadas con ácido ferúlico y ferulato de etilo durante los últimos 30 días de alimentación intensiva.....	42
Cuadro 4. Características químicas y fisicoquímicas del corte rib eye de res.....	46
Cuadro 5. Calificaciones promedio de las características sensoriales del corte rib eye de res.....	51

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Estructura química de los principales β -agonistas utilizados en ganado bovino.....	10
Figura 2. Estructura química del zilpaterol y ácido ferúlico.....	14
Figura 3. Estructura del ferulato de etilo	17
Figura 4. TBARS (A) y porcentaje de Metamioglobina (B) en carne fresca de res almacenada en refrigeración.....	54
Figura 5. Color L* (A), a* (B) y b* (C), en carne fresca de res almacenada en refrigeración.....	58
Figura 6. Delta a* (A) y ángulo de matiz (B) en carne fresca de res almacenada en refrigeración.....	60
Figura 7. pH en carne fresca de res bajo condiciones de refrigeración..	64
Figura 8. Evaluación sensorial de color (A) y % decoloración (B) en carne fresca de res almacenada en refrigeración.....	65
Figura 9. Evaluación sensorial sobre pérdida de olor (A) y pérdida de sabor (B) en carne de res cocinada.....	66

RESUMEN

Ácido ferúlico (AF) y ferulato de etilo (FE) son compuestos de origen natural con propiedades bioactivas. Recientemente se demostró su reconocimiento por los receptores β de la membrana celular, similar a los compuestos β -agonistas adrenérgicos (B-AA) sintéticos, lo cual sugiere que pueden ser utilizados como alternativa natural para la promoción del crecimiento animal y adicionalmente aprovechar su efecto antioxidante. El presente estudio evaluó el efecto de la suplementación de AF y FE sobre el comportamiento productivo, calidad de canal y calidad de carne de bovinos comerciales. 450 vaquillas (480 ± 10 kg) productoras de carne en fase de finalización se dividieron en 3 bloques de 150 animales cada uno en 5 corrales. A cada corral dentro del bloque se le asignó completamente al azar uno de los siguientes tratamientos (n=30 animales/corral): 1) dieta basal sin aditivo (control), 2) suplementación de 5 ppm de ácido ferúlico (AF5), 3) 10 ppm de AF (AF10), 4) 5 ppm de FE (FE5), y 5) 10 ppm de FE (FE10) por kg de peso vivo. La suplementación fue durante 30 d previos al sacrificio y se evaluó el comportamiento productivo. Finalizada la prueba de alimentación, a las 24 h *postmortem* se evaluaron las canales y se obtuvo el músculo *Longissimus thoracis* (LT) para su análisis de calidad puntual y en un estudio de vida de anaquel en refrigeración por 14 días. En la prueba de comportamiento se observó un efecto promotor de crecimiento, ya que la ganancia diaria de peso fue 24% mayor en animales suplementados respecto al control ($P < 0.05$) y se mejoró la conversión alimenticia 18%; además se obtuvo mayores rendimientos en canales de los animales suplementados respecto al control ($P < 0.05$), y AF5 incrementó un 10.51% el área del músculo LT respecto a AF10. En el estudio de vida de anaquel, FE5 y FE10 mostraron un efecto antioxidante en la carne, ya que presentaron niveles más bajos de Δa^* y TBARS

respecto al control, además FE5 retardó la formación de metamioglobina ($P < 0.05$), por lo que se mantuvo más tiempo el color rojo de la carne en estos tratamientos. Los panelistas percibieron a la carne de FE5 y FE10 con mejor ternura y mayor sensación a grasa que la carne del grupo control ($P < 0.05$). En conclusión, se demuestra que la suplementación de AF y FE a bovinos pueden promover su crecimiento, y además FE a cualquier dosis retarda el deterioro de la carne en refrigeración, lo que genera un doble beneficio a la industria de la carne.

Palabras clave: Ácido ferúlico, ferulato de etilo, comportamiento productivo, canal, calidad de carne, bovinos.

ABSTRACT

Ferulic acid (FA) and ethyl ferulate (FE) are naturally occurring compounds with bioactive properties. Recently, it has been reported that these compounds are recognized by β -receptors on the cell membrane, similar to β -adrenergic agonists (B-AA) compounds, which suggests that they may be used as a natural alternative for animal growth promotion and additionally take its antioxidant effect. This study evaluated the effect of FA and FE supplementation on growth performance, carcass and meat quality of commercial cattle. 450 heifers (480 ± 10 kg) in the finishing phase were divided into 3 blocks of 150 animals each within 5 pens. The following treatments were completely randomized into each block (n=30 animals/treatment/pen): 1) basal diet without additive (control), 2) supplementation of 5 ppm of ferulic acid (AF5), 3) 10 ppm of ferulic acid (AF10), 4) 5 ppm ethyl ferulate (FE5), and 5) 10 ppm ethyl ferulate (FE10) per kg of body weight. Supplementation was 30 days prior to slaughter and growth performance was evaluated. After the feeding test and the slaughter process, the carcasses were evaluated at 24 h *postmortem* and the *Longissimus thoracis* (LT) was dissected for quality and refrigerated shelf life evaluation for 14 d. Promoter effect was observed during the growth performance trial. Daily gain was 24% higher in supplemented animals compared to the control ($P < 0.05$) and the feed conversion was 18% better; also, higher yields were obtained in carcasses from supplemented animals compared to the control ($P < 0.05$). An increase of 10.51 % in muscle area (LT) was observed with AF5 in comparison to AF10. In the shelf life study, FE5 and FE10 showed an antioxidant effect on the meat, because Δa^* and TBARS values were lower compared to control. Also FE5 reduced the formation of metmyoglobin ($P < 0.05$), therefore red meat color was kept longer. Panelists perceived the meat from FE5 and FE10 treatments

with better tenderness and fat perception than meat from control group ($P < 0.05$). In conclusion, results showed that supplementation of both AF and FE can act as a growth promoter in cattle, also FE supplementation at any dose was able to slow meat deterioration during refrigerated storage, having a dual benefit to the meat industry.

Keywords: Ferulic acid, ethyl ferulate, growth performance, carcass, meat quality, cattle.

I. INTRODUCCIÓN

Hoy en día el incremento de la población mundial, ha traído como consecuencia mayor demanda de alimentos, principalmente productos proteicos de origen animal (Caicedo et al., 2011). Por tanto, la industria ganadera ha implementado el uso compuestos promotores del crecimiento, con el objetivo de mejorar la eficiencia alimenticia, lograr una mejor ganancia de peso diaria, lo cual da como consecuencia una mayor producción y reducción de costos. Entre los promotores de crecimiento más utilizados existen los implantes hormonales y los compuestos β -agonistas adrenérgicos (B-AA) (Eng, 2000).

Los BAA son análogos de las hormonas catecolaminas y son conocidos por su acción de incrementar la acreción de músculo y disminuir la síntesis de grasa (Pringle et al., 1993). Actualmente estos compuestos son ampliamente utilizados en la época reciente para promover el crecimiento en el ganado bovino y porcino (Strydom et al., 2009), debido a que se obtiene mayor ganancia de peso y mejor eficiencia alimenticia, logrando con esto una reducción de los costos productivos.

Sin embargo, el impacto de B-AA en la producción animal ha tomado dos vías, una son los beneficios que éstos tienen en la producción animal y obtención de carne más magra. La otra, son los riesgos de intoxicación por el consumo de vísceras de animales suplementados con altas dosis de B-AA prohibidos, además de que producen una carne más dura y oscura (Avendaño et al., 2006). Es por ello, que surge la necesidad de buscar compuestos de origen natural que actúen como promotor de crecimiento en los animales, no afecten la salud del consumidor y no ocasionen un deterioro en la calidad de la carne.

El ácido ferúlico (AF) es un compuesto fenólico que está presente principalmente en la cutícula de los cereales. En nuestro país, ha sido posible obtenerlo con un alto grado de pureza, a partir de un proceso enzimático del nejayote, el cual es el líquido residual de la nixtamalización del maíz (Niño-Medina et al., s/f).

Recientemente se han realizado estudios *in vitro* para elucidar las propiedades de AF y sus esteres como el ferulato de etilo (FE), donde se ha demostrado que tienen la capacidad de inhibir la autoxidación de lípidos, reducción de la síntesis de colesterol por inhibición enzimática, efecto antitrombótico, antiinflamatorio y antiproliferativo, además de un efecto antimicrobiano contra algunos patógenos de interés alimenticio (Hernández, 2013; Ou y Kwok, 2004; Trombino et al., 2004; Warner y Laszlo, 2005).

Un estudio reportó que cuando el AF fue adicionado en agua de lavado de camarón, se mantuvo mejores características sensoriales de los camarones después de la congelación, respecto al control (Nirmal y Benjakul, 2009). Recientemente, Hernández (2013) reportó que tanto AF y FE mostraron capacidad antioxidante cuando fueron adicionados en carne molida de res en refrigeración.

Al AF, además de su capacidad antioxidante y antimicrobiana se le atribuye un efecto promotor del crecimiento animal, ya que posee una estructura química análoga a los B-AA comerciales utilizados en ganadería (Sánchez et al., 2011; Serna, 2012). En un estudio *in vitro* con células satélite de bovino se evidenció que AF tiene reconocimiento por los receptores β de la membrana celular y mostró niveles de abundancia de RNAm similares al B-AA comercial clorhidrato de zilpaterol (Platt et al., 2012). Sin embargo, actualmente existe poca información sobre el uso de AF y ferulato de etilo (FE) como aditivos alimenticios desde la producción animal.

Sánchez *et al.* (2011) suplementaron 50 ppm de AF a cerdos en confinamiento, y observaron una disminución del espesor de la grasa dorsal con

respecto al grupo control. En otro estudio, Serna (2012) probó la suplementación dietaria de 6 ppm de AF en bovinos durante los últimos 30 ó 60 días de la fase de engorda y los comparó contra un B-AA comercial y un grupo control, y observó que en la carne proveniente de bovinos suplementados con AF durante 30 días se retardó la oxidación lipídica y se mantuvo el color rojo de la carne por más tiempo con respecto al control. Además, esta carne fue más blanda que la del grupo con el B-AA. En éste último estudio con bovinos, se evidenció que AF puede ser una buena opción para utilizarse como agente antioxidante desde la producción animal. Sin embargo, debido a que aún no se ha determinado si en realidad ocasiona un efecto promotor del crecimiento, se requieren mayores investigaciones donde se evalué este componente productivo y se utilicen compuestos derivados como el FE, lo que puede resultar de interés, ya que se puede aprovechar su capacidad antioxidante (Kikuzaki et al., 2002).

Por lo anterior, esta investigación tiene como objetivo principal valorar el efecto de la suplementación de dosis bajas (5 ppm) y altas (10 ppm) de AF y FE sobre el comportamiento productivo y la calidad de la carne en bovinos productores de carne.

II. ANTECEDENTES

2.1 Panorama Nacional de Producción y Consumo de Carne de Bovino

La producción de carne de bovino es una de las actividades primordiales del sector pecuario nacional, aportando alrededor del 38.3% de carne en canal dentro de la oferta de carnes en el país; desarrollándose bajo diferentes contextos de clima, agroecológicos, tecnológicos, de sistemas de manejo y objetivos de producción (SAGARPA, 2006).

En el 2005, México obtuvo una producción promedio mensual de 129,599 toneladas; lo que representó un incremento de 1.1% respecto al año anterior (SAGARPA, 2006) y en 2011, México fue sexto productor mundial de carne de bovino con 1.8 millones de toneladas (SIAP, 2012). Además, esta producción está ligada principalmente por condiciones del clima de cada región, obteniendo mayores volúmenes de producción en los meses de octubre a diciembre, con un punto alto en noviembre. La razón de tal incremento se debe a la abundante producción de forrajes, consecuencia de la época de lluvias y por un mayor consumo en ese periodo que tiene que ver con las condiciones culturales de las personas (SAGARPA, 2006).

Entre los principales estados que se dedican a la producción de carne en México, son Veracruz, Jalisco, Chiapas, Chihuahua, Baja California, Sinaloa y Sonora, aportando en total 51.7% de la carne de bovino. El 48.3% adicional se divide en prácticamente todas las entidades del país (SEDESOL, 2012).

El sector ganadero en México se compone principalmente por producción de novillos para abasto, la cría de becerros para la exportación y la producción de pie de cría, siendo los sistemas básicos de explotación, intensivo o engorda en corral y el extensivo o engorda en praderas y agostaderos en las diferentes regiones del país. El 33% de la producción de ganado bovino en el país se localiza en las regiones áridas y semiáridas, en las cuales predominan las razas europeas puras como la Hereford, Angus, Charolais y sus cruza. Estas regiones se caracterizan por tener tanto el sistema de producción vaca-becerro, como la engorda en corral, sin embargo su contribución con el consumo dentro del país no es primordial, ya que predomina la exportación de becerros hacia los Estados Unidos de América (SAGARPA, 2006).

De acuerdo con la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO, 2012), el consumo de carne *per cápita* a nivel mundial experimentó cambios importantes en las últimas décadas, pasando de una media de 26 kg en 1970 a 41 kg en los últimos años.

2.2 Sistemas de Producción de Bovinos

El área de la nutrición o alimentación representa uno de los aspectos más importantes dentro de la producción animal, tanto en el aspecto cuantitativo como en el económico (Mora, 2007). En el caso de los rumiantes, el costo de producción por concepto de alimentación varía dependiendo del sistema de producción (intensivo, extensivo o semi-extensivo) y puede representar alrededor del 60 al 85% de los costos de producción. Por lo que las mejoras y economías que se logren en esta área, tendrán mayor impacto en la eficiencia general de la explotación, las ganancias del productor y los precios para el consumidor (Mora, 2007).

Por lo tanto, un adecuado programa de alimentación aunado al bienestar animal son puntos esenciales para la obtención de carne de calidad. El programa nutricional de una explotación animal toma en cuenta desde la elección de los ingredientes disponibles y su costo en la ración, hasta el equilibrio desde el punto de vista nutritivo y las buenas prácticas de manejo. Por lo tanto, la productividad de la explotación depende de la calidad de la carne y las ganancias para el productor (Castro, 1999).

De acuerdo a Alvarado y Macedo (2005), el sistema de alimentación y producción en ganado bovino se puede clasificar de la siguiente forma:

Extensivo.- El objetivo del sistema extensivo es minimizar los gastos mediante la utilización de los recursos forrajeros de la explotación; este sistema de producción es representativo de las zonas tropicales de México y en éste, la alimentación se basa en el pastoreo de la vegetación nativa bajo condiciones abiertas, y comúnmente se utiliza para pie de cría. En este tipo de sistema, los animales permanecen la mayor parte del año al aire libre y se alimentan del forraje que proporcionan los pastos, hierbas y arbustos, la cual puede ser complementada con forrajes henificados en épocas de altas necesidades fisiológicas de las hembras o de escasez de pastos.

Semi-extensivo.- Es un concepto intermedio entre el sistema intensivo y el extensivo, donde los animales son alimentados en praderas naturales o cultivadas a ciertas horas del día y son suplementados con otros alimentos en el corral de encierro para cubrir sus requerimientos nutricionales. Este sistema, involucra cierto nivel de implementación de tecnología en la alimentación y manejo general del hato.

Intensiva.- El objetivo del sistema intensivo de producción de carne es conseguir la máxima productividad genéticamente posible. Este sistema se basa en la alimentación de los animales bajo condiciones de confinamiento total, es decir los animales permanecen todo el día en corral, los espacios en piso son reducidos, y se les proporciona una dieta alta en concentrado, con el

fin de obtener un mayor comportamiento productivo. El sistema se acompaña de un alto nivel tecnológico en aspectos de manejo, alimentación, sanidad y registros productivos.

2.3 Uso de Promotores de Crecimiento en Ganadería

Mejorar la productividad animal es una búsqueda continua, por lo que la intensificación de la producción ha sido apoyada con la suma de diversos métodos, técnicas y procedimientos, como lo son el uso de anabólicos o promotores de crecimiento en la dieta de los animales (Aragón-Martínez et al., 2009). Los promotores de crecimiento se han venido utilizando comúnmente en la producción animal desde hace cinco décadas, con el objetivo de que el productor obtenga mayor rendimiento económico y productivo (González-Ríos et al., 2012).

Dichos compuestos se consideran una alternativa importante, ya que influyen directamente en las funciones metabólicas, mejorando el balance de nitrógeno en el organismo y por consecuencia, incrementando la producción de proteína en el animal (Lawrence et al., 2002).

Los agentes promotores del crecimiento, son hormonas o análogos que ejercen su efecto en el metabolismo animal, aumentando la función anabólica (síntesis) de las proteínas y disminuyen las catabólicas (Watson et al., 2008). De acuerdo a Bavera et al. (2002), los anabólicos pueden ser de origen endógeno (naturales) o sintéticos.

2.3.1 Clasificación de los Promotores de Crecimiento

Dentro de los compuestos estimulantes del crecimiento en bovinos, se consideran los grupos de sustancias que pueden ser incorporadas al alimento (aditivos) o las que pueden ser suministradas bajo la forma de implantes

subcutáneos de acción prolongada, conocidos como agentes anabolizantes (Araujo-Febres y Pietrosevoli, 1991).

Los aditivos alimenticios son sustancias que se administran al animal a través del alimento, actúan principalmente en el rumen, y modifican los patrones de fermentación ruminal mediante cambios en las poblaciones microbianas. Entre los aditivos alimenticios más usados en la nutrición animal se encuentran los ionóforos, probióticos, prebióticos, antibióticos, y más recientemente los nutraceúticos, enzimas, aceites de extractos de plantas y surfactantes (Dunshea et al., 2005).

Por su parte, los compuestos anabolizantes se pueden definir como mensajeros químicos que coordinan las actividades de las diferentes células en los organismos pluricelulares. Las hormonas naturales o endógenas se sintetizan y liberan por las células de las glándulas endócrinas a la sangre para ejercer sus efectos bioquímicos en células blanco (Stryer, 1996); tales compuestos se caracterizan por aumentar las funciones anabólicas (síntesis de proteínas) y promoviendo la lipólisis.

Entre los compuestos naturales endógenos se encuentran la hormona del crecimiento, las hormonas sexuales (estrógenos y andrógenos). Por su parte, los compuestos exógenos se pueden clasificar como Estilbenos: dietilelbestrol, hexestrol, dimestrol; Compuestos naturales: estradiol 17β , testosterona, progesterona; Xenobióticos no estilbenos: acetato de melengestrol, zeranol, acetato de trembolona; Hormona del crecimiento y afines: HC, somatomedina, somatostatina; β -agonistas: clenbuterol, cimaterol, clorhidrato de ractopamina (CR), clorhidrato de zilpaterol (CZ), entre otros. Estos últimos son análogos de las hormonas catecolaminas y se administran en polvo en el alimento, y tienen un mecanismo de acción similar al de las hormonas (Lawrence et al., 2002).

2.3.2 Estructura y Mecanismo de Acción de los β -agonistas (B-AA)

Las propiedades que presentan los B-AA se enfocan en las características de sus grupos constituyentes, que propician una distinta farmacocinética, la cual determina la magnitud del efecto y la persistencia de residuos en los tejidos animales (Aragón-Martínez et al., 2009). La Figura 1, muestra la estructura química de los principales compuestos B-AA.

El modo de acción se lleva a cabo a nivel celular, la molécula pasa intacta las paredes del rumen y es absorbida por el sistema portal, llega a las células blanco, uniéndose a los receptores β que están en la membrana celular (Koochmaraie et al., 1991). Lo que genera una activación y fosforilaciones de distintos mecanismos para finalmente dirigirse hacia la producción de músculo o la degradación de grasa en el animal (Aragón-Martínez et al., 2009).

De manera específica en el tejido muscular, los B-AA incrementan la perfusión sanguínea hacia el músculo, además de una mejor disponibilidad de energía y aminoácidos, por lo tanto aumenta la síntesis y retención de proteína que favorecen la hipertrofia muscular, principalmente de los músculos del cuarto trasero del animal (Romero, 2011). Además de la hipertrofia, también hay cambios en la proporción de ARN de transcripción para proteínas musculares como la miosina y actina, y una menor degradación de la proteína del músculo esquelético. En estudios realizados con ovinos y bovinos, el peso de algunos músculos puede aumentar de un 12 a 40%. La magnitud del aumento de peso varía dependiendo del B-AA suministrado y de la influencia de otros factores como la especie, la raza, la edad, el sexo y la dieta (Aragón-Martínez et al., 2009; Mersmann, 1998).

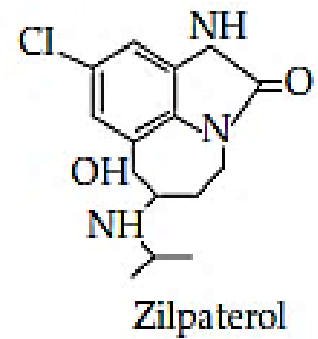
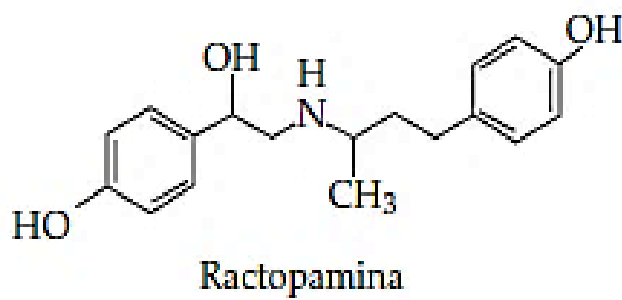
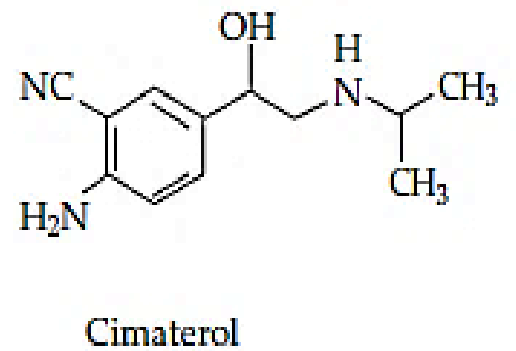
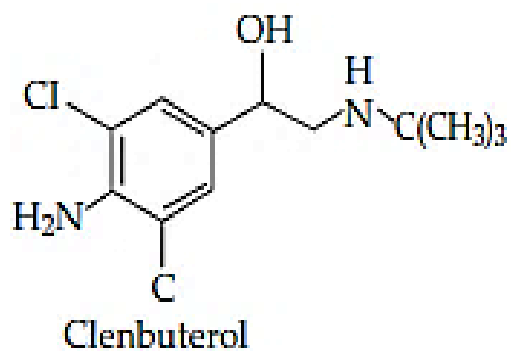


Figura 1. Estructura química de los principales β -agonistas utilizados en ganado bovino (Sumano et al., 2002).

2.3.3 Implementación de B-AA en la Producción de Carne Bovina

En todo establecimiento de producción de carne bovina, la velocidad en el crecimiento del animal y la eficiencia alimenticia para lograr una mayor producción son factores económicos muy importantes, por lo que la búsqueda de sustancias químicas que aseguren un aumento en la ganancia de peso en un menor período de tiempo se convierte en una necesidad. En México el uso de CZ y CR fue aprobado hace más de 10 años y es regulado por la NOM-EM-015-ZOO-2002, y de acuerdo a diversos estudios, estos compuestos generan mayores rendimientos en la ganancia de peso diario, eficiencia alimenticia, menor porcentaje de componentes no pertenecientes a la canal y reducción en la grasa de la canal (Aragón-Martínez et al., 2009; Avendaño et al., 2006; Estrada-Angulo et al., 2008).

2.3.4 Efectos negativos del uso de B-AA sobre la calidad de la carne

A pesar de la variedad de efectos positivos de los B-AA en el comportamiento productivo de los bovinos, existen repercusiones negativas en la calidad de la carne. Se han reportado efectos en terneza de carne de bovinos suplementados con CZ y CR, se encontró que la carne de animales suplementados con B-AA presentó valores de esfuerzo al corte más altos (carne más dura) que la del grupo control (Avendaño et al., 2006). Adicionalmente se han reportado efectos negativos en capacidad de retención de agua y el pigmento rojo en novillos suplementados con CZ respecto al control, e incluso cuando se suministró vitamina D3 en la dieta con CZ, no se superaron estos efectos negativos (Hope-Jones et al., 2012). Al contrario, Weber et al (2013) observaron que el color y características sensoriales de la carne de vaquillas suplementadas con CR, CZ y CR+CZ, durante 25 d no fueron diferentes a la carne del grupo control. No obstante, otras consecuencias importantes que han sido reportadas por el uso de compuestos B-AA, son las intoxicaciones debido

al consumo de vísceras contaminadas con Clenbuterol y al abuso de las dosis que implementan los productores. En un 70% de éstos casos, las intoxicaciones fueron por consumo de hígado (Vallejos et al., 2007). Sin embargo, en diferentes trabajos realizados en bovinos, se reportan niveles de residuos variables. Por lo anterior, los resultados benéficos o perjudiciales que se pueden obtener, pueden diferir de acuerdo con el B-AA empleado, la dosis, unidad de producción y características de los animales utilizados (Aragón-Martínez et al., 2009).

A consecuencia de los controversiales efectos que pueden poseer los compuestos B-AA, se deben buscar nuevas alternativas que lleven a una producción animal sin riesgos para el consumidor. Estas alternativas pueden ser los compuestos de origen natural con propiedades promotoras del crecimiento.

2.4 Uso de compuestos de origen natural en la alimentación animal

La actual demanda de carne sin aditivos sintéticos ha ocasionado que se lleven a cabo diversas investigaciones en el sector agropecuario. Estas investigaciones están enfocadas en el uso alternativo de compuestos naturales de origen vegetal con distintos propósitos como son antimicrobianos, promotores de crecimiento, antioxidantes, entre otros. Esto con el fin de buscar mejoras en cuanto a la eficiencia de la producción animal y la calidad de la carne (Busquet et al., 2006).

Actualmente, hay una amplia variedad de compuestos naturales que son de fácil obtención y que han sido probados como suplementos alimenticios en bovinos y otras especies. Algunos ejemplos de aditivos naturales son las vitaminas E y D3, y compuestos o extractos obtenidos de plantas como el cinamaldehído, eugenol, cumestrol, extracto de orégano, romero y ácido ferúlico y sus esteres. Su uso se ha justificado en el aprovechamiento de algunas de sus propiedades naturales como son su efecto antioxidante, antimicrobiano y promotor de crecimiento principalmente (Cho et al., 2014; Serna, 2012; Windisch et al., 2008).

Adicionalmente, es sabido que tanto AF como FE poseen el grupo funcional -OH, lo que los hace moléculas funcionales (Sun y Cheng, 2002), y en base a esta característica podrían ser catalogados como fitogénicos o fitoquímicos. Estos compuestos son derivados de plantas que pueden incorporarse a la dieta animal y mejorar el desempeño productivo y la salud animal (Flachowsky y Lebzien, 2012; Windisch et al., 2008).

2.4.1 Obtención y Propiedades de Ácido Ferúlico (AF)

El ácido ferúlico es un componente de origen natural, que se encuentra principalmente en su forma esterificada en la cutícula de los cereales. Originalmente fue obtenido del salvado de arroz, y posteriormente se descubrió que se encuentra como subproducto en el procesamiento de la masa del maíz, café, jugos cítricos, entre otros (Kikuzaki et al., 2002). AF fue aislado y purificado por primera vez a partir de una resina (Graf, 1992). El nombre químico del AF es el 4-hidroxi-3-metoxicinámico y su estructura química es similar a las catecolaminas, en específico a la norepinefrina (Figura 2).

Ha sido ampliamente utilizado como preservativo de alimentos, por su buena habilidad de inhibir la autoxidación de los aceites (Trombino et al., 2004). Asimismo, un estudio a nivel celular han dado a conocer que un alto consumo de productos de harina de granos ricos en AF, pueden reducir el riesgo de enfermedades crónicas, incluyendo enfermedades cardiovasculares y ciertos tipos de cáncer (Trombino et al., 2004). Un estudio realizado por Nirmal y Beniakul (2009) reportaron que camarones almacenados en congelación y tratados con 2% de AF, disminuyeron su oxidación lipídica y después de 10 d de almacenamiento presentaron mejor color, sabor y aceptabilidad comparados con los del grupo control.

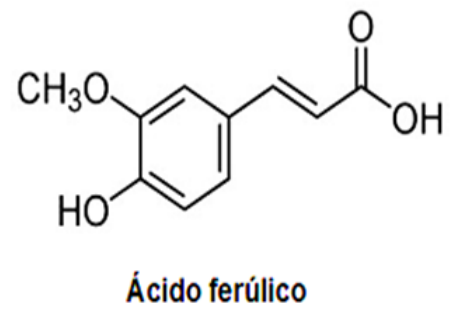
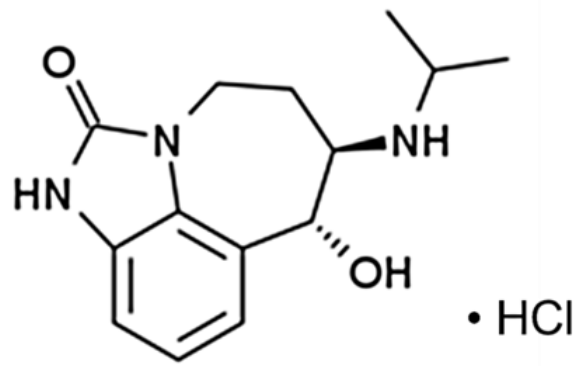


Figura 2. Estructura química de clorhidrato de zilpaterol y ácido ferúlico

Debido a la semejanza en la estructura química de AF con el B-AA comercial zilpaterol, se sugiere que AF puede tener un efecto promotor del crecimiento. En un estudio *in vitro* con células satélite de bovino se evidenció que AF tiene reconocimiento por los receptores β de la membrana celular y mostró niveles de abundancia de RNAm similares al BAA comercial clorhidrato de zilpaterol (Platt et al., 2012) (Figura 2).

Con la finalidad de encontrar un efecto promotor de crecimiento, Sánchez et al. (2011) suplementaron 50 ppm de AF a cerdos en confinamiento y observaron una disminución del espesor de la grasa dorsal con respecto al grupo control. En otro estudio, Serna (2012) probó la suplementación dietaria de 6 ppm de AF en bovinos durante los últimos 30 ó 60 d de la fase de engorda y los comparó contra un B-AA comercial y un grupo control. Se observó que en la carne proveniente de bovinos suplementados durante 30 d con AF se retardó la oxidación lipídica y se mantuvo el color rojo de la carne por más tiempo respecto al control. Además, esta carne fue más blanda que la del grupo suplementado con el B-AA. Sin embargo, debido a que en ese estudio no se evaluó el efecto en el comportamiento productivo, es necesario realizar nuevas investigaciones donde se suplemente AF en la dieta y se busque evidenciar si puede actuar como un promotor del crecimiento animal.

Una de las ventajas principales que se pudiera tener con la suplementación dietaria de AF como posible promotor de crecimiento, es que éste no ocasionaría ningún riesgo de intoxicación para el consumidor, como sucede con algunos compuestos B-AA sintéticos. Adicionalmente, se pudiera aprovechar sus propiedades bioactivas, para obtener un beneficio en preservar la calidad de la carne (Adom y Liu, 2002).

El uso de AF como aditivo alimenticio desde la producción animal ha sido poco estudiado. AF es un compuesto soluble en agua, que se sugiere podría ser transportado en el torrente sanguíneo a los tejidos periféricos o en la

fracción líquida que fluye desde el rumen modificando los patrones de fermentación y obtención de energía o bien trasladarse a leche o ser excretado en las heces (Soberon et al., 2012a).

2.5 Propiedades del Ferulato de Etilo (FE)

El FE (Figura 3) es un éster del AF, cuya fuente principal son los granos. Sin embargo con la finalidad de aislarlo para su posible uso individual, una forma sencilla para FE es mediante una reacción de esterificación de AF y etanol, catalizado por lipasas. Lo anterior resulta de importancia, ya que podría ser un producto fácilmente disponible en el mercado (Kumar y Kanwar, 2011).

FE es un compuesto lipofílico y ha demostrado mejores propiedades antioxidantes *in vitro* (eliminación hacia radicales hidroxilo y aniones superóxido), respecto a AF (Kikuzaki et al., 2002). En este sentido, FE fue utilizado en ratas donde disminuyó el estrés oxidativo respecto a ratas sin suplemento (Scapagnini et al., 2004). En otro trabajo donde se utilizó FE como aditivo en aceite de freído, se inhibió la formación de compuestos polares de mejor forma que AF; sin embargo, FE a 60 °C FE actuó como un agente prooxidante (Warner y Laszlo, 2005).

Aunque el AF y FE han sido reconocidos *in vitro* como antioxidantes, existe limitada información sobre su efecto directamente en una matriz alimenticia y como puede actuar en la calidad final del alimento (Kikuzaki et al., 2002). Una investigación sobre ellos mostró la efectividad de AF y FE al ser adicionados directamente en una matriz cárnica, e indicó que estos compuestos son capaces de mantener el color rojo de la carne y la estabilidad oxidativa del alimento a través del tiempo de refrigeración (Hernández, 2013).

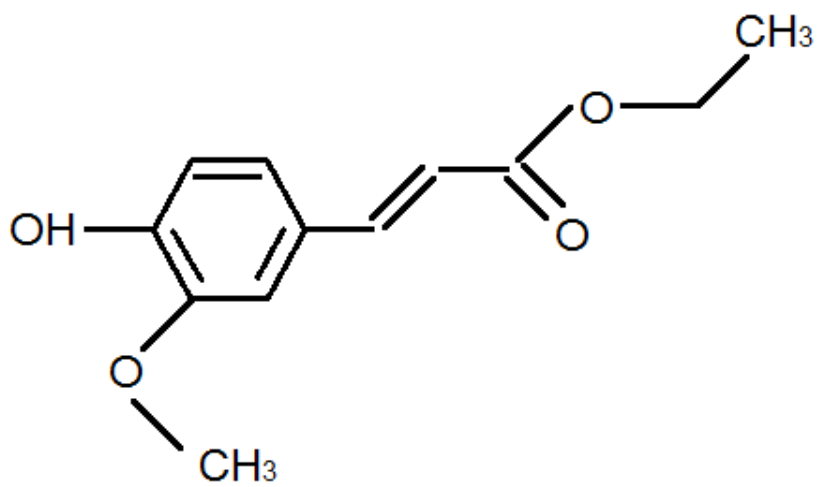


Figura 3. Estructura del Ferulato de etilo

2.6 Parámetros de Calidad de la Carne de Bovino y Factores que la Afectan

De acuerdo con Sañudo (2006), “son muchos los factores que influyen en la calidad de la canal y la carne, el conocimiento de cuales son realmente relevantes y cuáles no, requiere de un análisis bajo múltiples puntos de vista”. Dentro de los primeros factores que influyen en la calidad de la carne de bovinos es el bienestar animal, las condiciones del sistema de explotación y el manejo previo al sacrificio (Gallo et al., 2008). De acuerdo a Ávila (2001), la calidad es un concepto complejo y difícil de definir. La principal dificultad estriba en que los distintos eslabones de la cadena cárnica (ganadero, matadero, carnicero y consumidor) valoran la calidad desde distintos puntos de vista, y en función de sus propios objetivos.

De manera específica, la calidad de la carne puede ser considerada desde los puntos de vista nutritivo, higiénico, fisicoquímico y sensorial. Respecto a los últimos dos, la calidad fisicoquímica depende de factores como pH, CRA, textura, color para la elaboración de diversos productos cárnicos o su consumo en individual en cortes; mientras que la calidad sensorial se denota en función de los atributos sensoriales percibidos por la vista, el tacto, el gusto y olfato lo que determinará en la decisión de compra del cliente. (Faustman et al., 1998; Morón-Fuenmayor et al., 2002)

2.6.1 Calidad Fisicoquímica de la Carne

Los principales parámetros tomados en cuenta para determinar la calidad fisicoquímica de la carne, son el pH, color, la textura y la capacidad de retención de agua.

2.6.1.1 pH. Para poder detallar los factores que afectan el pH de la carne es necesario tomar en cuenta los momentos por los que pasa el animal, estos son:

antemortem y *postmortem*. Un manejo *antemortem* correcto del ganado permite una evolución *postmortem* normal, en donde el pH final de la carne de animales bien alimentados y no estresados tiene un valor en el rango de 5.5 a 5.8. El estrés pre-sacrificio, y/o el ayuno, pueden dar lugar a una producción significativamente inferior de ácido láctico en el músculo durante la glucólisis anaeróbica *postmortem* y consecuentemente se obtiene un pH final más elevado al rango normal. Cuando el proceso de evolución *postmortem* se ve alterado de esta forma, se crean las condiciones para la aparición del fenómeno “corte oscuro firme y seco” (DFD por sus siglas en inglés). Esta condición se caracteriza en presentar un incremento en la dureza del corte debido a la contracción de las fibras musculares. Estos cambios no le hacen perder a la carne su aptitud para el consumo humano pero acortan su durabilidad ya que un pH elevado de la carne vacuna favorece el crecimiento bacteriano, lo que hace que el producto tenga una vida útil más corta que lo normal (Solís, 2005).

2.6.1.2 Color. La elección de la carne por parte del consumidor está directamente influenciada por la apariencia del producto, por lo que el color representa la frescura y es de vital importancia para la industria cárnica y la investigación en el área de la carne (Tapp lli et al., 2011).

Desde el punto de vista físico, el color de la carne es el resultado de la distribución espectral de la luz que incide sobre ella y de la intensidad de la luz reflejada en la superficie. El color depende principalmente de la estructura de las proteínas musculares, la cantidad de grasa intramuscular y también de la concentración de los pigmentos hemínicos y particularmente del estado oxido-reductor de la mioglobina en la superficie de la carne. La mioglobina en su forma reducida oxigenada (oximioglobina) presenta un color rojo cereza deseable y por otro lado la metamioglobina (estado oxidado) muestra un color pardo indeseable para el consumidor (Warriss, 2000).

Existen diversos factores que pueden alterar el color de la carne, entre los principales son el estado oxido-reductor de la mioglobina, el tipo de

músculo, pH y la alimentación. Otros factores menos importantes, pero que deben ser simultáneamente tomados en cuenta, son el estado *antemortem* (raza, sexo, estrés durante el transporte y sacrificio) y *postmortem* (refrigeración, maduración, exposición a la luz). Por lo cual, todo esto indica que mantener un adecuado color en la carne resulta una práctica compleja, pero si se cumplen todos los requisitos, es sumamente redituable para el productor (Mateo, 2007).

2.6.1.3 Textura de la carne. La textura es una característica muy variable, que depende de factores intrínsecos y extrínsecos durante el proceso de obtención de la carne. Esta variable puede ser un factor limitante para la aceptabilidad del producto, lo que puede ser una razón para la insatisfacción de los consumidores y el rechazo del producto, por lo que la uniformidad de la textura es un tema prioritario para la industria cárnica (Destefanis et al., 2008). Algunos factores que influyen en la textura de la carne pueden ser la edad del animal, raza, estrés *antemortem*, contenido de colágeno y su solubilidad, longitud del sarcómero y la proteólisis causada por enzimas del sistema calpaína (Kemp et al., 2010). La textura se puede evaluar mediante métodos objetivos (texturómetro) y por métodos subjetivos con un panel ya sea entrenado o de consumidores (AMSA, 1995).

Actualmente se han presentado problemas de presencia de carne más dura debido al uso de compuestos como B-AA, los cuales se cree que por su mecanismo de disminución del contenido de grasa, mayor carne magra y cambios en las cantidades de colágeno, tienden a mostrar una mayor dureza que la carne sin éstos aditivos (Strydom et al., 2009). Sin embargo, se han creado estrategias *postmortem* para tratar de mejorar la textura de la carne como la estimulación eléctrica y la suspensión de la canal los cuales han sido ampliamente utilizados en la industria cárnica (Riley et al., 2005).

2.6.1.4 Capacidad de retención de agua en la carne. La carne magra contiene alrededor de 75% de agua; la retención de la mayor cantidad de agua

en la carne es de importancia para su calidad final. La retención de agua es de relevancia económica ya que si se pierde agua en la carne su peso se verá afectado negativamente. También se toma en cuenta que cuando se pierde una mayor cantidad de agua durante el almacenamiento de la carne fresca, o bien cuando ésta es cocinada, resulta poco atractiva para el consumidor. Además, la retención de agua es fundamental para mantener otras características como la textura y jugosidad del corte (Fennema, 1993).

2.6.2 Calidad Sensorial de la Carne

La evaluación sensorial es un análisis que se encarga de la medición y cuantificación de las características de un producto, percibidas por los sentidos humanos; entre las principales características se encuentran la apariencia, ternura, olor y sabor. Este análisis, es una herramienta útil en la evaluación de la carne y productos cárnicos y permite otorgar resultados que simulan la opinión del consumidor común (Bautista y Rincón, 2009).

2.6.2.1 Percepciones olfatorias. El aroma se detecta por los diferentes componentes volátiles liberados de la carne que estimula los receptores de la nariz. La carne cruda presenta poco aroma y sabor y solo cuando es cocida o calentada se presentan estos atributos. Existen componentes no específicos comunes a todas las carnes y componentes específicos que determinan el aroma. Los primeros derivan del calentamiento de los componentes hidrosolubles de bajo peso molecular, tales como los azúcares, aminoácidos, péptidos, nucleótidos y compuestos nitrogenados; los segundos, son atribuidos a la cocción de los lípidos, principalmente los fosfolípidos y en menor medida los triacilgliceroles (Depetris y Santini, 2005).

Las percepciones olfatorias se originan en la nariz por estimulación de los nervios del olfato. Esta sensación se describe según el tipo, la intensidad y

la evolución del olor. Con respecto a la carne cocinada, sus sustancias volátiles se liberan mediante el cocinado, la masticación y el calor de la cavidad bucal, estas sustancias ascienden a la nariz donde son percibidas de acuerdo al estado en que se encuentra la carne (Valls et al., 1999).

2.6.2.2 Percepciones gustatorias. Las percepciones de sabor en la carne cocinada se atribuyen principalmente a la jugosidad, terneza e intensidad de sabor, donde este último puede ser uno de los principales factores ya que esta aunado al sabor que confieren los ácidos grasos saturados e insaturados. El ácido mirístico (C14:0), palmítico (C16:0), esteárico (C18:0), linoléico (C18:2 n6 *cis*), α -linoleico (C18:3 n6) y oleico (C18:1n-9), se encuentran en mayor parte en la carne y le pueden conferir un sabor ligero o abundante, dependiendo de la cantidad de lípidos (Boylston et al., 2012).

Las percepciones gustatorias se originan en las mucosas de la lengua de la cavidad bucal y del paladar; las sensaciones clásicas son dulces, ácido, salado y amargo. Sin embargo, por lo general no se perciben éstos sabores de forma individual, sino que se perciben las sensaciones conjuntamente con otras sensaciones olorosas y aromáticas. El sabor es la percepción total de las sensaciones gustatorias, que puede ser tanto negativa como positiva; el sabor defectuoso es la parte extraña de un sabor; el sabor principal es el tipo predominante de sensación rápida y post-sabor que se trata de una sensación de sabor que queda tras el sabor inicial y el sabor principal (Valls et al., 1999).

2.6.2.3 Percepciones visuales. En éstas se incluyen todas las sensaciones que se pueden percibir a través de la vista, tanto el aspecto como la apariencia. El color es la sensación originada por estímulos de color, en el que se toman en cuenta características internas como sección al corte, brillo, opulencia y opacidad (Valls et al., 1999).

La identificación visual de la carne se enfoca en el color, marmoleo y capacidad de retención de agua. La carne debe presentar un color normal y uniforme a lo largo de todo el corte. El marmoleo consiste en pequeñas vetas

de grasa intramuscular visibles en el corte de carne y tiene un efecto positivo en la jugosidad y el sabor de la carne (FAO, 2013).

2.6.3 Oxidación de Lípidos y su Relación con la Calidad de Carne

La grasa animal está presente en forma de fosfolípidos dentro de la membrana celular, como grasa intermuscular (infiltrada) y como grasa subcutánea. Una forma de estimar el contenido de grasa en el animal es midiendo el índice de grasa corporal (IGC). El contenido de grasa en la carne es muy variable, el cual depende del tipo de músculo y la forma en cómo ésta fue producida. La grasa infiltrada es un rasgo importante en la calidad de la carne, ya que se relaciona con la jugosidad, sabor y es el depósito de grasa de más interés en relación con la composición de ácidos grasos y la salud humana (Scollan et al., 2006).

Con respecto al aporte que otorgan los lípidos en las características organolépticas, se conoce que el sabor característico de la carne se ve influenciado particularmente por la diferente proporción de los ácidos grasos insaturados. Sin embargo el mayor problema que se puede presentar es la oxidación, ya que estos compuestos son más susceptibles a oxidarse y forman compuestos de bajo peso molecular como aldehídos, cetonas y alcoholes, los cuales contribuyen a un cambio negativo en el sabor y aroma de la carne, además de menor vida de anaquel (Rousset-Akrim et al., 1997; Young et al., 1997).

La oxidación de lípidos en la carne y los cambios que genera es uno de los factores relevantes en la pérdida de su calidad. Es un proceso complejo en el que los ácidos grasos insaturados reaccionan con el oxígeno molecular por medio de un mecanismo llamado auto-oxidación primaria, donde actúan radicales libres, formando peróxidos, hidroperóxidos y compuestos volátiles.

Estos compuestos formados por la oxidación generan problemas en la calidad de la carne, ya que provocan el desarrollo de olores desagradables (rancidez). Además, está correlacionada con la oxidación de los pigmentos, con lo cual se produce un deterioro del color y sabor de la carne (Gray et al., 1996).

Los factores que promueven la oxidación de los lípidos son variados y todos se deben considerar, como lo son la composición de ácidos grasos, la disponibilidad de oxígeno, superficie en contacto con el oxígeno, temperatura, luz, actividad de agua, contenido de metales traza, enzimas, entre otros (Doval et al., 2000; Jadhav et al., 1996). Esta oxidación de los lípidos está ampliamente ligada a la formación de metamioglobina (forma oxidada de mioglobina), la cual ha sido explicada principalmente por la reactividad de los productos primarios y secundarios derivados de los ácidos grasos lo cuales generan inestabilidad en el ion hierro de la mioglobina, lo que produce un pardeamiento en la carne y puede ser identificada por el consumidor como una carne en mal estado (Faustman et al., 2010).

Diversos estudios se han enfocado en retardar la oxidación de los ácidos grasos de la carne y productos cárnicos, mediante la utilización de compuestos de origen natural o sistemas tecnológicos; con el fin de tener un efecto preventivo en la aparición de la oxidación, y por consiguiente en el mantenimiento de las características organolépticas de la carne durante su refrigeración (Gil et al., 2001; Sánchez Escalante et al., 2008).

III. HIPÓTESIS

La suplementación dietaria de ácido ferúlico y ferulato de etilo en los últimos 30 d de engorda, mejora el comportamiento productivo por su efecto promotor de crecimiento, además de prolongar la vida de anaquel debido a la actividad antioxidante que presentan estos compuestos.

IV. OBJETIVO GENERAL

Evaluar el efecto de la suplementación de dosis bajas (5 ppm) y altas (10 ppm) de AF y FE sobre el comportamiento productivo y la calidad de la carne en bovinos productores de carne.

4.1 Objetivos particulares

- Evaluar el comportamiento productivo de bovinos suplementados con AF y FE a dosis bajas y altas durante la última fase de engorda.
- Analizar el efecto de la suplementación de AF y FE sobre la calidad de las canales de res.
- Evaluar el efecto de la suplementación de AF y FE sobre la calidad química, fisicoquímica y sensorial de la carne.
- Realizar un estudio de vida de anaquel en carne, para determinar el efecto antioxidante de los compuestos durante su almacenamiento en refrigeración.

V. MATERIALES Y MÉTODOS

5.1 Etapa I: Prueba de Comportamiento Productivo y Calidad de la Canal

La prueba de comportamiento productivo se llevó a cabo en los corrales de engorda de la empresa Rancho El 17, localizado a 17 km de la ciudad de Hermosillo, Sonora, a una altitud de 210 msnm, latitud 29° 05' 56" y longitud 110° 57' 15" (INEGI, 2012).

5.1.1 Animales y Manejo

Previo al inicio del estudio, se seleccionaron 450 bovinos (vaquillas) productores de carne de cruza comerciales (de influencia racial principalmente *Bos taurus*), los cuales fueron divididos en tres lotes con uniformidad en días de alimentación, origen y composición racial. Los animales fueron pesados individualmente e identificados con arete de plástico de distinto color, para ser distribuidos aleatoriamente de acuerdo a un diseño de bloques (3) completos al azar. Para facilitar el manejo de las vaquillas y la programación de su sacrificio humanitario, cada bloque se difirió una semana y estuvo formado por cinco corrales con 30 animales cada uno.

Con el fin de minimizar la influencia de factores extrínsecos, todos los animales del estudio fueron sometidos al mismo programa profiláctico (vacunas, desparasitantes, vitaminas, etc.), régimen de alimentación y uso de promotores de crecimiento (implantes hormonales) que la engorda utiliza rutinariamente.

5.1.2 Tratamientos Experimentales

Una vez formados los bloques de animales, a cada corral dentro de cada bloque se le asignó completamente al azar uno de los siguientes tratamientos: 1) dieta basal sin aditivo (control), 2) suplementación de 5 ppm de ácido ferúlico (AF5), 3) 10 ppm de ácido ferúlico (AF10), 4) 5 ppm de ferulato de etilo (FE5), y 5) 10 ppm de ferulato de etilo (FE10) por kg de peso vivo.

5.1.3 Alimentación y Prueba de Comportamiento Productivo

El peso vivo inicial de los animales fue de 480 ± 10 kg. Todos los animales fueron alimentados con una dieta basal con una relación de forraje: concentrado de 20:80, la cual fue formulada para contener 1.62 Mcal de energía neta de ganancia/ kg de alimento, 12.7% de proteína cruda, 0.91% de calcio y 0.27% de fósforo (Cuadro1). La cantidad de AF y FE por tonelada de alimento fue adicionada primeramente a la premezcla mineral y posteriormente ésta fue incorporada a la ración experimental de manera automatizada.

Peso inicial, final y ganancia diaria de peso: Todos los animales fueron pesados individualmente al inicio y final de la prueba experimental, para lo cual se utilizó una báscula electrónica Tru-Test 300 (Tru- Test Corporation, New Zealand) equipada con memoria de registro. Se estimó la ganancia diaria de peso (GDP) mediante la diferencia entre peso final y peso inicial y dividido entre 30 (período de alimentación).

Consumo de alimento y conversión alimenticia: Se registró el consumo de alimento por corraleta diariamente, para lo cual se pesó tanto el alimento ofrecido como rechazado. También se calculó la conversión alimenticia por corral/tratamiento con la relación consumo de alimento promedio entre GDP.

Cuadro 1. Ingredientes y composición química de la ración experimental.

Ingredientes, %	
Maíz rolado	70.0
Melaza de caña	8.0
Semilla de algodón	8.0
Tazol de trigo	7.0
Aceite (yellow grease)	4.0
Premezcla mineral	3.0
Composición química	
Materia seca, %	87.0
Energía neta de mantenimiento, Mcal/kg	2.34
Energía neta de ganancia, Mcal/kg	1.62
Proteína cruda, %	12.7
Calcio, %	0.91
Fósforo, %	0.27

5.1.4 Sacrificio y Evaluación de la Calidad de la Canal

Una vez terminada la prueba de comportamiento productivo, los animales fueron sacrificados en el rastro TIF 118 de Hermosillo, Sonora, siguiendo la normatividad vigente.

pH: Se midió el pH a los 45 min y 24 h *postmortem* en el músculo *Longissimus thoracis* (LT) a nivel del 12avo espacio intercostal con un potenciómetro digital portátil marca HANNA HI 99163 (Mettler-Toledo Process Analytical Inc., Wilmington, MA, USA).

Peso de canal caliente y peso canal frío: En todas las canales se registró el peso de la canal caliente al finalizar el proceso de sacrificio, posteriormente las canales se refrigeraron a 0 °C durante 24 h y se midió el peso de la canal en frío.

Área de ojo de costilla: En 36 canales por tratamiento se evaluó el área de ojo de costilla en cm², para lo cual en una hoja de acetato transparente se dibujó solamente el contorno del área del músculo a nivel del 12avo espacio intercostal, después se midió el área con una plantilla cuadrículada con cuadrantes de 1cm².

Espesor de la grasa dorsal: Se midió el espesor de la grasa a 36 canales por tratamiento, se utilizó un vernier o pie de rey para medir el espesor de grasa a nivel del 12vo espacio intercostal, específicamente en el 2/3 del corte transversal del LT, tomando una sola repetición por muestra.

Grado de marmoleo: La medición subjetiva del contenido de grasa intramuscular o marmoleo se hizo en el músculo LT a nivel del 12avo espacio intercostal siguiendo los lineamientos de USDA (2000): Trazas (300-399), Ligeramente (400-499), Poco (500-599), Modesto (600-699), Moderado (700-799), Ligeramente abundante (800-899).

Grado de calidad: se estimó el grado de calidad de la canal de acuerdo a la clasificación reportada por USDA (2000), basada en el grado de marmoleo y la madurez fisiológica de la canal: Selecta – (400-449), Selecta + (450-499), Choice – (500-599), Choice medio (600-699), Choice + (700-799), Prime (800 o mayor).

5.1.5 Obtención y Selección de Muestras para Análisis de Carne

Entre las 24 y 36 h *postmortem*, las canales fueron deshuesadas y se seleccionaron al azar 18 canales por tratamiento (n=6 por tratamiento/bloque) para tomar la muestra de carne (músculo LT entre el cuarto y doceavo espacio intercostal, corte rib eye de la canal izquierda). Las muestras de carne se identificaron, empacaron al vacío y posteriormente se enviaron en condiciones de refrigeración a las instalaciones del CIAD A. C. de Hermosillo Sonora, para sus respectivos análisis.

5.2 Etapa II: Análisis de Calidad de la Carne

Las muestras de carne permanecieron congeladas a -18 °C durante aproximadamente 15 d. Veinticuatro horas previas a los respectivos análisis de calidad, las muestras se colocaron en una cámara de refrigeración a 4 °C para su descongelación. Posteriormente, fueron cortadas en distintos trozos y especificaciones de grosor, siguiendo siempre el mismo orden de corte (de la parte caudal hacia la parte frontal del músculo LT), tal como se indica a continuación: Una rebanada de 1.5 cm de grosor para análisis proximal, dos rebanadas de 2.5 cm para evaluación sensorial, una rebanada de 2.5 cm para evaluación de textura, una rebanada de 1.5 cm para evaluación fisicoquímica, y 5 rebanadas de 1.5 cm para el estudio de vida de anaquel. La unidad experimental fue la pieza completa del corte rib eye obtenido de cada canal.

Cabe señalar que se utilizó una n=18 por tratamiento para los análisis de calidad puntual en carne y una n=9 por tratamiento para el análisis de vida de anaquel.

5.2.1 Análisis Químicos

Se evaluó el porcentaje de humedad y contenido de grasa total, siguiendo la metodología descrita por la A.O.A.C.(1990). Los resultados fueron expresados en porcentaje.

5.2.2 Análisis Fisicoquímicos

Textura: Este análisis determina la fuerza necesaria para cortar un trozo de carne. Se midió el esfuerzo al corte (EC) usando un texturómetro Texture Analyzer T.A.X.T. Plus; para lo cual la carne se cortó en rebanadas de 2.5 cm de grosor las cuales se cocinaron en un sartén eléctrico (Cook Master Ester, modelo 3222-3) hasta alcanzar una temperatura interna de 71 °C (monitoreada por un termopar tipo T conectado a un lector). Después de ser cocinadas, las muestras se enfriaron a temperatura ambiente (25°C a 30°C) y posteriormente refrigeradas a 4°C por 24 h (AMSA, 1995). Después, la carne se cortó en cilindros de 3 cm de largo y 1.3 cm de diámetro cortados longitudinalmente a las fibras musculares. El EC se midió de forma perpendicular a las fibras musculares, utilizando el accesorio cortador Warner-Bratzler montado en el texturómetro. El valor de EC se expresó en kilogramos Fuerza (kg F). Se realizaron al menos 10 repeticiones por unidad experimental.

Pérdida de peso por cocinado (PPC): La PPC se determinó calculando la diferencia de los cortes antes y después de ser cocinados en un sartén eléctrico (Cook Master Ester, modelo 3222-3) hasta alcanzar una temperatura interna de 71°C. (AMSA, 1995).

Color: Se utilizó un colorímetro Minolta (modelo Chroma meter CR-400, Konica Minolta Sensing, Inc. Japan). La determinación de color incluyó los valores L^* , que mide la luminosidad del producto que puede variar desde 100 para un blanco perfecto hasta 0 para el negro; el valor a^* que mide el color rojo, el valor b^* que determina el color amarillo (tendencia de la deposición de grasa); además, se estimó el ángulo de matiz utilizando la fórmula $\tan^{-1} (b/a)$ (Jiménez et al., 2009). Las determinaciones de color se hicieron sobre la superficie de las muestras frías (4-6 °C) en 5 diferentes posiciones de la muestra.

pH: Para la determinación de pH se utilizó un potenciómetro digital HANNA portátil con electrodo de penetración y termómetro HANNA HI 99163, (Mettler-Toledo Process Analytical Inc., Wilmington, MA, USA). Se realizaron tres determinaciones por unidad experimental.

Capacidad de retención de agua (CRA): Se pesaron 10 g de muestra de carne la cual fue colocada en una tela micro-nylon y se introdujo en un tubo de polipropileno de 50 mL, posteriormente la muestra de carne se centrifugó a 5,000 rpm durante 5 min a 4 C° (Beckman refrigerada J2-2). El porcentaje de CRA, se calculó en función de la diferencia de peso que presenta la muestra antes y después de la centrifugación (Sutton et al., 1997).

5.2.3 Evaluación Sensorial

Cada uno de los cortes de cada tratamiento se evaluó en una sesión de dos etapas, para medir los atributos sensoriales mediante una prueba descriptiva. En la primera etapa se evaluaron los parámetros sabor, olor, sensación grasa, ternura, jugosidad y cantidad de tejido conectivo en carne cocinada, usando luz roja en la sala durante la evaluación. En la segunda etapa, se evaluaron los atributos color y apariencia general de la carne cruda.

Para el cocinado de la muestra se siguió la metodología aplicada para la determinación de textura instrumental de esfuerzo al corte. Las evaluaciones se realizaron por un panel entrenado constituido por 8 miembros. Se siguió la metodología recomendada por la AMSA (1995) para el cocinado, preparación y presentación de las muestras al panel. Los atributos sensoriales se evaluaron utilizando una escala semi-estructurada de 10 cm, donde 0 representa el demérito del atributo y 10 una calificación favorable para los atributos de apariencia total, color, ternura, sabor, olor y jugosidad; y en el caso de los atributos de sensación grasa y cantidad de tejido conectivo, 0 representó ninguna y 10 abundante.

5.3 Etapa III: Estudio de Vida de Anaquel en Carne Fresca

Con la finalidad de evaluar el efecto antioxidante de los aditivos suministrados, se utilizaron 9 unidades experimentales de los respectivos tratamientos, las cuales se envasaron con empaque tradicional (employado) y fueron sometidos a un proceso de refrigeración a 4 °C por 14 días en presencia de luz.

Durante la vida de anaquel se evaluaron (día 0, 7, 10 y 14 de almacenamiento) los parámetros de color instrumental, pH, así como la determinación de sustancias reactivas al ácido tiobarbitúrico (TBARS) y porcentaje de metamioglobina.

Además se realizó una prueba sensorial con panel entrenado, para determinar el porcentaje de decoloración de la carne, la pérdida de olor y sabor a fresco durante su almacenamiento en anaquel, siguiendo la metodología descrita por Polloreña (2012).

5.3.1 Análisis de Vida de Anaquel

Oxidación de lípidos (TBARS): Se realizó determinando las sustancias reactivas al ácido 2-tiobarbitúrico (TBARS, por sus siglas en inglés), de acuerdo con la metodología descrita por Pfalzgraf et al. (1995). El procedimiento se inició con la homogenización de 5 g de muestra con 15 mL de ácido tricloroacético. Lo anterior se realizó utilizando un homogenizador Ultra Turrax (T25, IKA-Werke, USA) a una velocidad de 11,000 rpm durante 1 min. Se evitó el aumento de temperatura, manteniendo los tubos en hielo para evitar la oxidación lipídica durante el homogenizado de la muestra.

Después de homogenizar la muestra, se filtró con papel filtro número 42 (Whatman International, Maidstone, England) y se tomaron 2 mL de filtrado, los cuales se mezclaron en tubos de ensaye que contenían 2 mL de una solución 20 mM de TBA recién preparada. Posteriormente los tubos se homogenizaron durante 30 s con rotatubos (M G-560, VWR, Bohemia, N.Y. USA) y se calentaron a 97° C durante 20 min en un baño de agua para permitir el desarrollo del color. Una vez llevado a cabo el paso anterior, los tubos se enfriaron en hielo y se procedió a realizar la lectura de las muestras a 532 nm utilizando un espectrofotómetro Spectronic Genesis 5 modelo 336001 (Termo Electrón Corporation, USA). Los resultados fueron calculados mediante una curva patrón usando 1,1,3,3, tetrametoxipropano (TMP) y expresados como sustancias reactivas al ácido 2-tiobarbitúrico en mg de malonaldehído/kg de muestra.

Porcentaje de Metamioglobina: Se pesaron 5 g de muestra y se introdujeron en un tubo de polipropileno con capacidad de 50 mL, se adicionaron 20 mL de buffer fosfato frío (pH=6.8; 40mM). Se homogenizó la muestra (Ultra Turrax T25, IKA-Werke, USA), a 11,300 rpm durante 30 s y se almacenó por 1 h a 4 C°. el sobrenadante fue filtrado y se leyó la absorbancia a 700, 572 y 525 nm en un espectrofotómetro (Spectronic Genesis 5, Termo Electron Corporation, USA). El porcentaje de Metmb fue determinado por la

fórmula: $\%MetMb = 1.395 - ((abs572 - abs700) / (abs525 - abs700)) \times 100$ (Stewart et al., 1965).

Color: Se utilizó un colorímetro Minolta (modelo Chroma meter CR-400, Konica Minolta Sensing, Inc. Japan). La determinación de color incluyó los valores L^* ; a^* y b^* ; además se estimó el ángulo de matiz utilizando la fórmula $\tan^{-1}(b/a)$ (Jiménez et al., 2009) y el diferencial de a^* (Δa^*) calculado mediante la resta de los valores de a^* desde el día 0 al día 7, 10 y 14 respectivamente. Las determinaciones de color se hicieron sobre la superficie de las muestras frías (4-6 °C) en 5 diferentes posiciones de la muestra.

pH: Para la determinación de pH se utilizó un potenciómetro digital HANNA portátil con electrodo de penetración y termómetro HANNA HI 99163, (Mettler-Toledo Process Analytical Inc., Wilmington, MA, USA). Se realizaron tres determinaciones por muestra.

5.3.2 Evaluación Sensorial

Cada una de las muestras de carne se evaluó por un panel previamente entrenado de 8 personas, utilizando un método de análisis cuantitativo-descriptivo para los diferentes atributos. Se evaluaron los atributos pérdida de olor y sabor a fresco en las muestras cocinadas (71°C temperatura interna), así color y decoloración en la superficie de la carne fresca (cruda) a través de una escala de cinco puntos (AMSA., 1995).

Pérdida de olor y sabor: En esta etapa se utilizó una sala con luz roja y se evaluó la intensidad de olores y sabores asociados con el deterioro de la carne: 1=Nada, 2=Ligero, 3=Poco, 4=Moderado y 5=Extremo. Estos dos atributos sólo se evaluaron hasta el día 10 de almacenamiento.

Color y decoloración: Por su parte en la segunda etapa de evaluación en carne fresca se llevó a cabo en una sala con luz blanca y se calificaron las tonalidades que puede tomar la carne durante su almacenamiento por 14 días: 1=Rojo cereza, 2=Rojo rosado, 3=Rojo claro 4=Café rojizo y 5=Oscuro. En la escala de decoloración, se evaluó el porcentaje de decoloración en la superficie: 1=Nada; 2=1-10%; 3=11-20%; 4=21-60% y 5=61-100% (AMSA, 2012).

5.4 Diseño Experimental y Análisis Estadístico

Los datos de comportamiento productivo y características de la canal se analizaron bajo un diseño en bloques completos al azar. Se utilizó el análisis de varianza (procedimiento de modelos mixtos), incluyendo en el modelo como efecto fijo a los tratamientos experimentales y como un efecto aleatorio el bloque y peso inicial de los animales para los datos de comportamiento en corral y características de la canal. Algunos animales enfermos de los diferentes tratamientos tuvieron que ser retirados de la prueba, por lo tanto se utilizaron 444 animales para las variables de comportamiento y calidad de canal. Cuando se detectaron diferencias entre los tratamientos se realizó una comparación de medias, para lo cual se probaron los siguientes contrastes. Contraste 1: Control vs AF5 + AF10 + FE5 + FE10; contraste 2: AF5 + AF10 vs FE5 + FE10; contraste 3: AF5 vs AF10; contraste 4: FE5 vs FE10.

El estudio de vida de anaquel se analizó mediante un análisis de varianza de dos vías, considerando los efectos fijos de tratamientos y tiempo de almacenamiento. La comparación de medias se realizó por la prueba de Tukey-Kramer. Los datos de calidad de carne del estudio puntual, se analizaron mediante un ANOVA de una vía y se realizó comparación de medias por la prueba de Tukey-Kramer. Todos los datos fueron procesados en el paquete estadístico NCSS versión 2010.

VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

6.1 Etapa I: Comportamiento Productivo y Calidad de Canal

6.1.1 Comportamiento Productivo

Los resultados de las variables de comportamiento productivo de vaquillas se presentan en el cuadro 2.

En peso vivo inicial y peso vivo final no presentaron diferencias ($P>0.05$), donde el peso vivo al inicio de la prueba osciló entre 481.4 y 485.4 kg, lo que indica que los animales fueron correctamente aleatorizados al inicio de la prueba de comportamiento. El peso vivo final fluctuó entre los 512 y 520.4 kg. Por otra parte, la ganancia diaria de peso mostró un incremento de aproximadamente 24% en los animales suplementados con AF o FE respecto a la dieta control ($P<0.05$). Además se observó efecto significativo en el contraste 3, donde AF10 mejoró 21.6% la GDP comparada con el tratamiento AF5.

En el caso del consumo de alimento no se observaron diferencias ($P>0.05$) entre tratamientos, los valores oscilaron entre 7.65 y 8.10 kg/d. Así mismo, la conversión alimenticia tampoco presentó significancias ($P>0.05$) por la suplementación de AF o FE, sin embargo se muestra una mejora importante desde el punto de vista productivo en este parámetro, ya que el factor de conversión alimenticia disminuyó 17.8% en los animales con AF o FE respecto a la dieta sin aditivo (contraste 1). Esto quiere decir que se necesitó 17.8% menos alimento para ganar 1 kg de peso, y esta disminución tiene un impacto importante en los costos de alimentación.

Cuadro 2. Comportamiento productivo de vaquillas (media \pm error estándar) suplementadas con AF y FE durante los últimos 30 d de alimentación intensiva.

	TRATAMIENTOS*				
	Control	AF5	AF10	FE5	FE10
N	89	89	88	88	90
Peso inicial, kg	485.4 \pm 4.9	481.4 \pm 4.8	481.8 \pm 4.8	485.0 \pm 4.8	483.4 \pm 5.0
Peso final, kg	513.6 \pm 5.2	512.0 \pm 5.5	518.9 \pm 5.3	519.2 \pm 5.4	520.4 \pm 5.6
Ganancia diaria de peso, kg/d ^{a,c}	0.93 \pm 0.04	1.02 \pm 0.04	1.24 \pm 0.04	1.13 \pm 0.04	1.23 \pm 0.04
Consumo de alimento, kg/d	7.65 \pm 0.3	8.02 \pm 0.5	8.08 \pm 0.4	8.10 \pm 0.4	8.09 \pm 0.4
Conversión alimenticia, kg	8.60 \pm 1.23	8.04 \pm 0.89	6.52 \pm 0.31	7.15 \pm 0.47	6.56 \pm 0.38

Control: sin aditivo; AF5: ácido ferúlico 5 ppm; AF10: ácido ferúlico 10 ppm; FE5: ferulato de etilo 5 ppm; FE10: ferulato de etilo 10 ppm.

^a Contraste 1: Control vs AF5 + AF10 + FE5 + FE10 (P<0.05).

^b Contraste 2: AF 5 + AF10 vs FE5 + FE10 (P<0.05).

^c Contraste 3: AF5 vs AF10 (P<0.05).

^d Contraste 4: FE5 vs FE10 (P<0.05).

Un estudio realizado en corderos no se encontró efecto en comportamiento productivo al suplementarse AF a 3, 6 y 9 g/d por 5 d; el cual contrasta con el presente estudio en donde AF y su éster FE aumentaron 24% más la GDP respecto al control, este efecto promotor de crecimiento puede estar explicado debido a que en el presente estudio se suplementaron por mayor tiempo los compuestos o bien, las dosis de 5 y 10 ppm pueden ser asimilados de mejor manera en el rumen de vacas que en corderos (Soberon et al., 2012b). Sin embargo, el mecanismo de AF en forma libre en el rumen es en gran parte desconocido (Soberon et al., 2012b).

Por otro lado, tal como se indicó en antecedentes, los resultados del estudio *in vitro* realizado por Platt et al. (2012) sugieren que AF pudiera tener un efecto anabolizante similar a los β -agonistas al ser suplementado a los animales. En este contexto, cuando los compuestos CZ y CR han sido suministrados a bovinos en fase de finalización en corral, se ha observado un incremento en la GDP de alrededor de 25% (Avendaño et al., 2006; Strydom et al., 2009), y al comparar este nivel de incremento en la GDP con los valores observados en el presente estudio, puede sugerirse un posible efecto anabólico por la suplementación de AF o FE.

Sin embargo, debido al que no se conoce el posible mecanismo por el cual AF o FE actúan como promotor de crecimiento animal, además del efecto anabólico, también se podría suponer un efecto fitogénico. Mediante la modificación de las poblaciones microbianas y por consecuencia cambios en el aprovechamiento de la energía. Se evidenció que, al suplementar 400 mg/d de cinamaldehído durante 28 días, se encontró una mejora del 10% en GDP respecto a la dieta control; lo que sugirió que cinamaldehído actuó como un ionóforo debido a los cambios observados a nivel ruminal, específicamente en la modificación de las concentraciones de ácidos grasos volátiles (Yang et al., 2010a). En comparación con el presente estudio, se encontró efecto mayor en GDP (24%) al suplementar AF o FE durante 30 d una dosis menor (5 y 10 ppm),

lo que puede sugerir que AF o FE pueden responder de mejor forma en el animal respecto a otros aditivos como cinamaldehído.

El modo de acción de los fitogénicos no está completamente claro, pero se ha evidenciado que pueden actuar ya sea como promotor de crecimiento, antimicrobiano, antiviral o antioxidante (Ertas et al., 2005; Scheuermann et al., 2009). Además pueden intervenir como potenciadores de digestibilidad; un estudio donde suplementaron fitogénicos tales como saponinas de té en cabras (3 g/d) durante 60 días generó un aumento de 10% en GDP, mayor consumo de alimento y mejor eficiencia alimenticia respecto al control (Hu et al., 2006). En el presente caso de AF o FE, al suplementarlo por menor tiempo en bovinos también se obtiene una mayor GDP (24%) y eficiencia alimenticia respecto a los no suplementados, lo que puede indicar que estos compuestos naturales pueden modificar los patrones de fermentación ruminal (cambio en ácidos grasos volátiles o proteína microbiana). Donde finalmente mejoran la eficiencia y utilización de energía o bien disminuyen la metanogénesis en rumiantes (Flachowsky y Lebzien, 2012; García-González et al., 2006).

Por lo anterior, y en base a los resultados observados en el presente trabajo, se requiere además de seguir evaluando el efecto de AF o FE como promotores de crecimiento, realizar otras investigaciones encaminadas a esclarecer el mecanismo de acción involucrado en éstos efectos.

6.1.2 Calidad de la Canal

El cuadro 3 presenta los resultados de calidad de la canal. Se encontró que los tratamientos afectaron la mayoría de los parámetros evaluados en la canal. Se presentó un incremento de 1.93% y 1.86% en el peso de la canal caliente y frío, respectivamente, de los animales suplementados comparado al grupo control (Contraste 1, $P < 0.05$) lo que representa aproximadamente 6 kg de incremento de peso en canal.

Cuadro 3. Características de la canal de vaquillas (media \pm error estándar) suplementadas con AF y FE los últimos 30 d de alimentación intensiva.

	TRATAMIENTOS*				
	Control	AF5	AF10	FE5	FE10
N	89	89	88	88	90
Peso inicial, kg	485.4 \pm 4.9	481.4 \pm 4.8	481.8 \pm 4.8	485.0 \pm 4.8	483.4 \pm 5.0
Peso final, kg	513.6 \pm 5.2	512.0 \pm 5.5	518.9 \pm 5.3	519.2 \pm 5.4	520.4 \pm 5.6
Peso de canal caliente, kg ^a	317 \pm 3.1	323.8 \pm 3.2	321.6 \pm 3.4	322.7 \pm 3.2	324.4 \pm 3.2
Peso canal fría, kg ^a	313.9 \pm 3.1	320.7 \pm 3.2	318.1 \pm 3.3	319.5 \pm 3.2	320.7 \pm 3.1
pH 45 min <i>postmortem</i>	6.74 \pm 0.2	6.72 \pm 0.1	6.75 \pm 0.2	6.71 \pm 0.1	6.72 \pm 0.1
pH 24 h <i>postmortem</i>	5.50 \pm 0.3	5.61 \pm 0.2	5.75 \pm 0.3	5.56 \pm 0.2	5.52 \pm 0.2
Rendimiento en canal caliente, % ^{a,c}	61.98 \pm 0.1	63.01 \pm 0.1	61.78 \pm 0.1	62.41 \pm 0.1	62.41 \pm 0.2
Rendimiento en canal fría, % ^{a,c}	61.38 \pm 0.1	62.40 \pm 0.2	61.12 \pm 0.1	61.79 \pm 0.1	61.70 \pm 0.2
Área de ojo de costilla, (cm ²) ^c	82.78 \pm 1.8	85.61 \pm 1.7	77.47 \pm 1.8	81.87 \pm 1.8	83.17 \pm 1.5
Grasa dorsal, mm	13.56 \pm 1.2	13.29 \pm 1.0	13.17 \pm 1.1	14.63 \pm 1.0	15.60 \pm 0.9
Marmoleo** ^{a,b,d}	554 \pm 15	568 \pm 14	568 \pm 14	578 \pm 16	637 \pm 15
% de Choice o mayor ^e	48.5	52	53.8	66.7	80

* Control: sin aditivo; AF5: ácido ferúlico 5 ppm; AF10: ácido ferúlico 10 ppm; FE5: ferulato de etilo 5 ppm; FE10: ferulato de etilo 10 ppm.

** Marmoleo: Trazas (300-399), Ligerito (400-499), Poco (500-599), Modesto (600-699), Moderado (700-799)

^a Contraste 1: Control vs AF5 + AF10 + FE5 + FE10 (P<0.05).

^b Contraste 2: AF 5 + AF10 vs FE5 + FE10 (P<0.05).

^c Contraste 3: AF5 vs AF10 (P<0.05).

^d Contraste 4: FE5 vs FE10 (P<0.05).

^e Porcentajes de canales Choice son diferentes entre tratamientos (P<0.05). Chi-cuadrada (Valor de χ^2 = 12.85, 4 gl).

En lo que respecta a los valores de pH a los 45 min y 24 h *postmortem* no se encontraron diferencias entre los tratamientos ($P>0.05$). A las 24 h los valores de pH oscilaron en el rango de 5.5-5.75; estos valores son reportados como normales para carne fresca de res (Fennema, 1993; Serna, 2012).

Por otro lado, los porcentajes de rendimiento en canal caliente y fría fueron afectados ($P<0.05$) por los tratamientos; donde se observó un incremento en los animales suplementados respecto a la dieta control en el rendimiento de la canal caliente (62.40% vs 61.98%, respectivamente) y fría (61.75% vs 61.38% respectivamente); y además se encontraron significancias en el contraste 3, donde la suplementación de AF5 mostró 2% más de rendimiento en canal caliente y fría respecto a AF10 ($P<0.05$). Por su parte, no se encontraron diferencias en rendimiento de canal caliente y fría para las dosis de ferulato de etilo ($P>0.05$).

En el área de ojo de costilla solo se encontró efecto entre dosis de AF, donde AF5 presentó mayor área de ojo de costilla que AF10 (85.61cm² vs 77.47 cm², respectivamente), esto indica que AF5 podría generar un mayor volumen de cortes para su venta. El espesor de la grasa dorsal no fue afectado por los tratamientos ($P>0.05$) y los valores oscilaron entre 13 y 15 mm.

El parámetro de marmoleo o grasa intramuscular arrojó diferencias en los contrastes 1, 2 y 4; para el contraste 1 se notó una mejor puntuación de marmoleo en los animales suplementados a diferencia del control ($P<0.05$); las canales de animales suplementados con FE presentaron mejor marmoleo que AF ($P<0.05$); y a su vez a dosis altas de FE causó mayor marmoleo que a dosis bajas (FE10=637 vs FE5=578). Éste efecto en el marmoleo se vio reflejado en el grado de calidad de la canal, aumentando el porcentaje de canales Choice, ya que para el tratamiento control solo presentó 48.5%, mientras que FE10 obtuvo un 80% de Choice ($P<0.05$).

Estudios con bovinos suplementados con distintos B-AA, han mostrado una ganancia en el peso de la canal caliente y fría, además de una mejora en el rendimiento en canal y el área de ojo de costilla (Mersmann, 1998). Los resultados del presente trabajo se asemejan con los estudios de B-AA, ya que la adición de AF o FE mejoró el rendimiento en canal, sin embargo no modificó el área del ojo de costilla (AOC) respecto a los animales sin suplemento, situación que si ocurre con la suplementación de B-AA. En relación al no efecto en AOC, Beermann (2002) afirma que una alta exposición de B-AA o bien, durante un largo periodo puede generar una desensibilización de los receptores β -adrenérgicos de la membrana celular limitando el efecto promotor de crecimiento; evento que pudo ocurrir al suplementar AF10, ya que el AOC disminuyó 9.51% respecto a su dosis baja (AF5). Lo anterior, sugiere que la forma o mecanismo en que AF y FE incrementan el peso y rendimiento en canal puede ser similar pero a los B-AA pero es necesario realizar estudios sobre mecanismo de acción de estos compuestos en bovinos

Por otro lado, si las mejoras ocasionadas en las variables de calidad de canal debido a la suplementación de AF o FE no corresponden a un efecto como B-AA; entonces podría estar involucrado el mecanismo de acción de los compuestos fitogénicos. En éste sentido, se sabe que estos compuestos modifican la flora microbiana del rumen por su habilidad de desintegrar la membrana de las bacterias. Esto ocasiona un incremento en la producción de propionato y una reducción de acetato, y dicho cambio ocasiona una mayor disponibilidad de energía para el rumiante, la cual es aprovechada ya sea para la producción de carne o leche (Cho et al., 2014; García-González et al., 2006). Por esto, es importante realizar pruebas de fermentación ruminal para dar a conocer si estos compuestos tienen efecto fitogénico lo cual promueve el crecimiento animal.

El incremento ocurrido en el grado de marmoleo en las canales de animales suplementados con FE, respecto a las canales del grupo control; es contrario al efecto lipolítico de los B-AA (Dávila-Ramírez et al., 2013; Mersmann, 1998). Lo que posiblemente se sugiere que FE actuó de manera similar al propilenglicol (precursor de glucogénesis) que ha sido utilizado en pruebas de comportamiento de bovinos a dosis de 2.5 ml/kg de alimento. Este compuesto incrementa los niveles de insulina hepática y por consiguiente promueve la gluconeogénesis, además estimula la formación y distribución de la grasa (Christensen et al., 1997; Kim et al., 2005).

6.2 Etapa II: Análisis de Calidad en Carne

6.2.1 Calidad Química

Las variables de humedad y contenido de grasa intramuscular no fueron afectadas por los tratamientos ($P > 0.05$); la humedad osciló entre 69 y 70% y 4.9 a 6.37% para grasa (cuadro 4). Los porcentajes anteriores se encuentran dentro del rango promedio para el músculo LD de res (Hui et al., 2006; Lawrie et al., 1998). Cabe mencionar que los porcentajes de grasa observados son coincidentes con los valores de marmoleo de las canales. Según la escala de marmoleo utilizada, una calificación de marmoleo de 500 ó 600 puntos son equivalentes a 5 o 6% de grasa intramuscular, respectivamente. Así se observó que en aquellos tratamientos donde la grasa intramuscular fue de alrededor de 5.5% tuvieron un grado de marmoleo cercano a los 550 puntos, mientras que la la carne con dosis alta de FE presentó 6.37% y su marmoleo fue de 637 puntos.

Cuadro 4. Características químicas y fisicoquímicas del corte rib eye de res.

Variable**	TRATAMIENTOS*						Valor de P
	Control	AF5	AF10	FE5	FE10	EEM	
% Humedad	70.90	69.90	69.53	70.74	70.18	0.52	NS
% Grasa (BH)	5.11	5.24	4.96	5.58	6.37	0.53	NS
pH	5.44	5.43	5.40	5.44	5.44	0.2	NS
Valor L*	37.23 ^{ab}	36.62 ^{ab}	37.58 ^{ab}	36.05 ^a	39.08 ^b	0.72	0.04
Valor a*	22.57	23.67	22.17	22.23	22.47	0.73	NS
Valor b*	13.21	14.53	12.95	12.97	13.45	0.53	NS
Matiz	30.23	30.81	30.15	30.04	30.53	0.52	NS
EC, Kg F	9.40	9.81	8.81	8.92	8.35	0.46	NS
PPC, %	18.06	18.84	17.69	18.08	17.39	0.91	NS
CRA, %	82.19	79.86	82.49	80.08	79.72	0.77	NS

* Control: sin aditivo; AF5: ácido ferúlico 5 ppm; AF10: ácido ferúlico 10 ppm; FE5: ferulato de etilo 5 ppm; FE10: ferulato de etilo 10 ppm. n= 18 por tratamiento, EEM: error estándar de la media, NS: no significativo

** EC: esfuerzo al corte, PPC: pérdida de peso por cocinado, CRA: capacidad de retención de agua.

^{ab} Medias con diferente literal dentro de hilera, son diferentes (P<0.05).

Sin embargo, a pesar de éstas coincidencias, la falta de significancias en el contenido de grasa intramuscular pueda ser debido a que se evaluó un menor número de unidades experimentales que en la evaluación de canales (18 y 36, respectivamente), lo cual incrementó la varianza. De manera similar, Serna (2012) no encontró diferencias con respecto al control, en el contenido de humedad y grasa intramuscular de la carne de res de animales suplementados por 30 o 60 días con 6 ppm de AF.

El hecho de que no se observó una reducción en el contenido de grasa por la suplementación de AF o FE, sugiere que estos compuestos no tienen un efecto lipolítico en la carne como ocurre con el uso de B-AA (Strydom et al., 2009). Esto último es importante, ya que en el presente trabajo se observó una mejora en el comportamiento productivo de los animales por la suplementación de AF o FE, sin menoscabo del contenido de grasa intramuscular, lo cual puede ser benéfico desde el punto de vista de calidad química y sensorial.

6.2.2 Calidad Fisicoquímica

Para los valores medios de L^* (luminosidad) solamente se presentaron diferencias significativas ($P < 0.05$) en FE10 respecto a FE5, donde este último fue 7.7% menor (cuadro 4). Por otra parte, a^* , b^* y el ángulo de matiz no presentaron diferencias ($P > 0.05$), donde los valores para a^* fluctuaron entre 22 y 23, mientras que los valores de b^* estuvieron en un rango de 12 a 13 y por su parte el ángulo de matiz en alrededor de 30 grados (cuadro 4). Los parámetros de color obtenidos en el presente estudio se encuentran dentro de los rangos normales para LT de res (Wulf y Wise, 1999).

Los valores de a^* en el presente estudio son indicativos de un color rojo cereza brillante, es decir, la carne de todos los tratamientos presentó un adecuado color rojo fresco, lo cual es muy importante ya que es atractivo y

repercute de manera positiva en la decisión de compra de los consumidores (Faustman et al., 1998).

Serna (2012), no encontró diferencias en las variables de color L^* , a^* , b^* y ángulo de matiz al suplementar AF a 6 ppm durante 30 y 60 d, donde los valores de L^* , b^* y ángulo de matiz fueron muy similares a los resultados con AF y FE en el actual estudio. Sin embargo, Serna (2012) reportó valores de a^* que fluctuaron entre 16 y 17, los cuales están muy por debajo de lo obtenido en el presente trabajo, y esto puede ser debido a diversos factores como son la suplementación de vitamina E, la condición climática, las cruzas de ganado, dosis de aditivos y alimentación de los animales (Arias et al., 2008; Chan et al., 1996).

En contraste con lo anterior, se han reportado efectos negativos en el color de la carne cuando los animales son suplementados con B-AA, notándose en una disminución de los valores de L^* , a^* , y b^* (Dávila-Ramírez et al., 2013; Dikeman, 2007). La disminución en los valores de L^* por el uso de B-AA, también ha sido asociada a la incidencia de cortes oscuros, lo cual afecta de manera negativa la calidad final (Avendaño et al., 2006; Strydom et al., 2009).

Bajo la consideración de que AF y FE presentan una estructura y un posible mecanismo similar al B-AA Zilmax (Platt et al., 2012); en el presente trabajo no se observaron cambios negativos en el color de la carne, lo cual se suma a los beneficios observados en el comportamiento productivo de los animales al ser suplementados desde la alimentación animal.

En la variable de pH (cuadro 4) no se encontraron diferencias entre tratamientos ($P > 0.05$) y los valores estuvieron dentro del rango normal para LD fresco de res (Fennema, 1993). Lo anterior indica que suplementar tanto AF como FE no altera el pH final de la carne. Un efecto similar se ha reportado al utilizar otros compuestos de origen natural y B-AA en la dieta de rumiantes (Franco et al., 2012; O'Grady et al., 2006; Serna, 2012; Serrano et al., 2014).

Con respecto a la textura de la carne evaluada como esfuerzo al corte (cuadro 4), los valores promedio fluctuaron entre los 8 y 9 kgf, y no fueron

afectados por los tratamientos ($P > 0.05$). Sin embargo, se aprecia una tendencia a valores más altos de EC en la carne del grupo control y AF5, mientras que una carne proveniente de los tratamientos FE5 y FE10 tendió a ser más blanda. Los valores obtenidos en todos los tratamientos pueden ser clasificados como representativos de una carne semidura (Shackelford et al., 1997).

Los valores de textura detectados en el presente trabajo coinciden con los reportados por Serna (2012). Sin embargo, cabe hacer notar que en el estudio de Serna (2012) al comparar los valores de textura de la carne proveniente de animales suplementados con AF y los suplementados con clorhidrato de zilpaterol, AF produjo una carne más blanda que CZ. Lo cual indica que estos compuestos naturales si mantienen la terneza en la carne, por lo que los hace atractivos para sustituirlos por los B-AA.

Otros reportes donde se ha suplementado aditivos de origen natural como la vitamina D3 y vitamina E en vaquillas, no se encontraron diferencias en textura respecto al grupo control cuando la carne se almacenó durante 3 d, sin embargo para el día 14 la carne con vitamina E y D3 disminuyó la dureza del corte respecto al control, esto debido a los cambios enzimáticos que pudieron haber sido acelerados por las vitaminas (Carnagey et al., 2008). En el presente trabajo no se evaluó la textura de la carne a través del almacenamiento en refrigeración, lo cual resultaría de interés en futuros trabajos, con la finalidad de establecer un posible efecto de AF y FE en la textura de la carne durante su maduración.

Por otro lado, se ha demostrado que al suplementar zilpaterol en bovinos, la terneza de la carne se ha visto perjudicada, reportándose valores en EC hasta 16 kgf para el músculo LD (Avendaño et al., 2006; Morón-Fuenmayor et al., 2002). Tal incremento en la terneza de la carne puede inferirse a que los B-AA generan una reducción en la actividad de enzimas proteolíticas musculares como las calpaínas, que promueven a su vez un incremento de las enzimas inhibitoras como las calpastatinas (Chacón-Villalobos, 2004; Wheeler y Koochmaraie, 1992); es por ello que se infiere que la suplementación de anabolizantes en la producción animal puede traer consigo perjuicios en la terneza de la carne y

rechazo por parte del consumidor (Morgan, 1997). Por lo cual, los compuestos AF y FE pueden ser sugeridos como una alternativa natural al uso de compuestos sintéticos sin afectar negativamente la ternura en la carne.

La pérdida de peso por cocinado y la capacidad de retención de agua (cuadro 4) no mostraron diferencias en los tratamientos ($P > 0.05$). Los valores de PPC fluctuaron entre 17 y 18% lo que indica que la carne perdió poco peso al ser cocinada, lo cual coincidió con los valores altos de CRA (79-82%). Estos valores de CRA fueron similares a lo reportado por Serna (2012) al suplementar AF a 6 ppm durante 30 d, similar al presente trabajo. Además, un estudio donde se evaluó el efecto de dos B-AA en la calidad de la carne, los valores de CRA tampoco resultaron significativos respecto al control (sin aditivo), lo que se puede explicar con los valores normales de pH, el cual indica que a un pH de 5.4 a 5.8 elevado, la capacidad de retención de agua no se ve afectada (Avendaño et al., 2006).

6.2.3 Calidad Sensorial

En la evaluación sensorial se encontraron diferencias significativas ($P < 0.05$) en los atributos sensoriales ternura y sensación de grasa (cuadro 5). La carne perteneciente a los tratamientos FE5 y FE10 presentó mejor ternura respecto al grupo control y AF5 ($P < 0.05$). Por su parte, en la sensación a grasa se detectaron diferencias en la carne del grupo control (5.40) respecto a los tratamientos AF5, FE5 y FE10, los cuales fueron percibidos como una carne con mayor cantidad de grasa (6.25, 6.38 y 6.35 respectivamente).

Cuadro 5. Calificaciones promedio de las características sensoriales del corte rib eye de res por tratamiento.

Variable	TRATAMIENTOS*						Valor de P
	Control	AF5	AF10	FE5	FE10	EEM	
Color total	8.0	8.09	7.65	8.10	8.07	0.24	NS
Apariencia	8.86	9.08	8.50	9.17	9.08	0.35	NS
Olor	7.45	7.24	6.84	6.94	6.94	0.22	NS
Sabor	7.60	7.36	6.86	7.52	7.30	0.24	NS
Sensación grasa	5.40 ^a	6.25 ^b	5.80 ^{ab}	6.38 ^b	6.35 ^b	0.18	0.04
Jugosidad	6.90	6.57	6.14	6.89	6.79	0.28	NS
Terneza	6.90 ^a	6.85 ^a	7.18 ^{ab}	7.70 ^b	7.67 ^b	0.17	0.04
Tejido conectivo	1.48	1.46	1.35	1.35	1.18	0.24	NS

* Control: sin aditivo; AF5: ácido ferúlico 5 ppm; AF10: ácido ferúlico 10 ppm; FE5: ferulato de etilo 5 ppm; FE10: ferulato de etilo 10 ppm. n= 18 por tratamiento, EEM: error estándar de la media, NS: no significativo.

^{ab} Medias con diferente literal dentro de hilera, son diferentes (P<0.05).

Color total, apariencia, terneza, sabor, olor y jugosidad. 0 representa el demérito del atributo y 10 una calificación favorable. Sensación grasa y cantidad de Tejido conectivo. 0 representó ninguna y 10 abundante.

Los resultados de terneza no concuerdan con la medición de textura instrumental (cuadro 4 y 5) donde sensorialmente las muestras de FE5 y FE10 fueron más blandas respecto al control, sin embargo la medición en el texturómetro no resultó significativa estadísticamente a pesar de tener valores más bajos en textura en FE5 y FE10. Serna (2012) detectó diferencias en terneza, jugosidad y sabor, donde AF a 6 ppm durante 30 d presentó las calificaciones más altas. Lo anterior difiere con el presente estudio, donde no se vio mejorada la terneza en la carne tratada con AF5 y AF10 respecto a la dieta control. Sin embargo, la mejora en la terneza ocurrió en los tratamientos de FE, lo cual se puede atribuir a la mayor sensación a grasa que los panelistas perciben en la carne FE con respecto al control. No obstante estas diferencias en terneza mencionar algo en referencia a la concordancia con marmoleo.

En referencia con el uso de B-AA, se ha evidenciado que la suplementación de zilpaterol afecta negativamente la terneza y características como jugosidad, sabor, y olor, lo cual ha sido atribuido principalmente al poco marmoleo en el corte (Dávila-Ramírez et al., 2013; Morón-Fuenmayor et al., 2002). A diferencia en el presente estudio al suplementar FE, donde se puede mantener o mejorar sensorialmente la calidad de la carne. Donde la terneza se mejoró posiblemente a la alta puntuación de marmoleo en FE respecto al control. En este sentido se ha reportado que el marmoleo puede jugar un papel importante en la suavidad, dando como resultado un debilitamiento del tejido conectivo intramuscular mejorándose en teoría la terneza del corte (Nishimura et al., 1999).

En los demás atributos de la prueba sensorial no se encontraron diferencias entre tratamientos ($P > 0.05$) los cuales fueron descritos con buen color, apariencia, olor, sabor, jugosidad y poco contenido de tejido conectivo.

6.3 Etapa III: Calidad de la Carne Durante su Almacenamiento en Anaquel

Posteriormente a la prueba de comportamiento en corral, se evaluó la calidad de AF y FE en la carne fresca durante su vida de anaquel en refrigeración.

6.3.1 Oxidación Lipídica y Porcentaje de Metamioglobina

En la Figura 4A y 4B se muestra el comportamiento de TBARS y formación de metamioglobina en la carne respectivamente, a través de su almacenamiento. Respecto a la variable de TBARS (Figura 4A), se observó efecto del tiempo de almacenamiento y los tratamientos ($P < 0.05$). La concentración de TBARS en la carne se incrementó a través de los días de refrigeración ($P < 0.05$). La carne de todos los tratamientos presentó valores iniciales de alrededor de 0.5 mg de TBARS, y culminó al día 14 con valores superiores a 1.5 mg. Respecto al efecto de los tratamientos, FE5 fue el tratamiento más efectivo para retardar la oxidación lipídica de la carne, ya que presentó valores más bajos de TBARS respecto a los tratamientos control y AF10 que presentaron los valores más altos ($P < 0.05$).

Un estudio indica que cuando la carne presenta valores de oxidación lipídica superiores a 1.4 mg de MDA/kg, el consumidor puede detectarlos como un producto oxidado y con olores rancios, lo cual genera un rechazo por parte de ellos (Sánchez-Escalante et al., 2011). Se tomó el valor de 1.4 mg de MDA/kg como un criterio para diferenciar entre una carne fresca y una carne oxidada. La carne con el tratamiento FE5 sobrepasa dicho valor de referencia hasta el día 14 de almacenamiento, mientras que el tratamiento AF10 a día 10 de almacenamiento ya presentó valores por arriba del criterio. Este comportamiento indica por un lado, la habilidad de FE a dosis baja para prevenir la oxidación de la carne, y por otro lado, el efecto negativo de la dosis alta de AF.

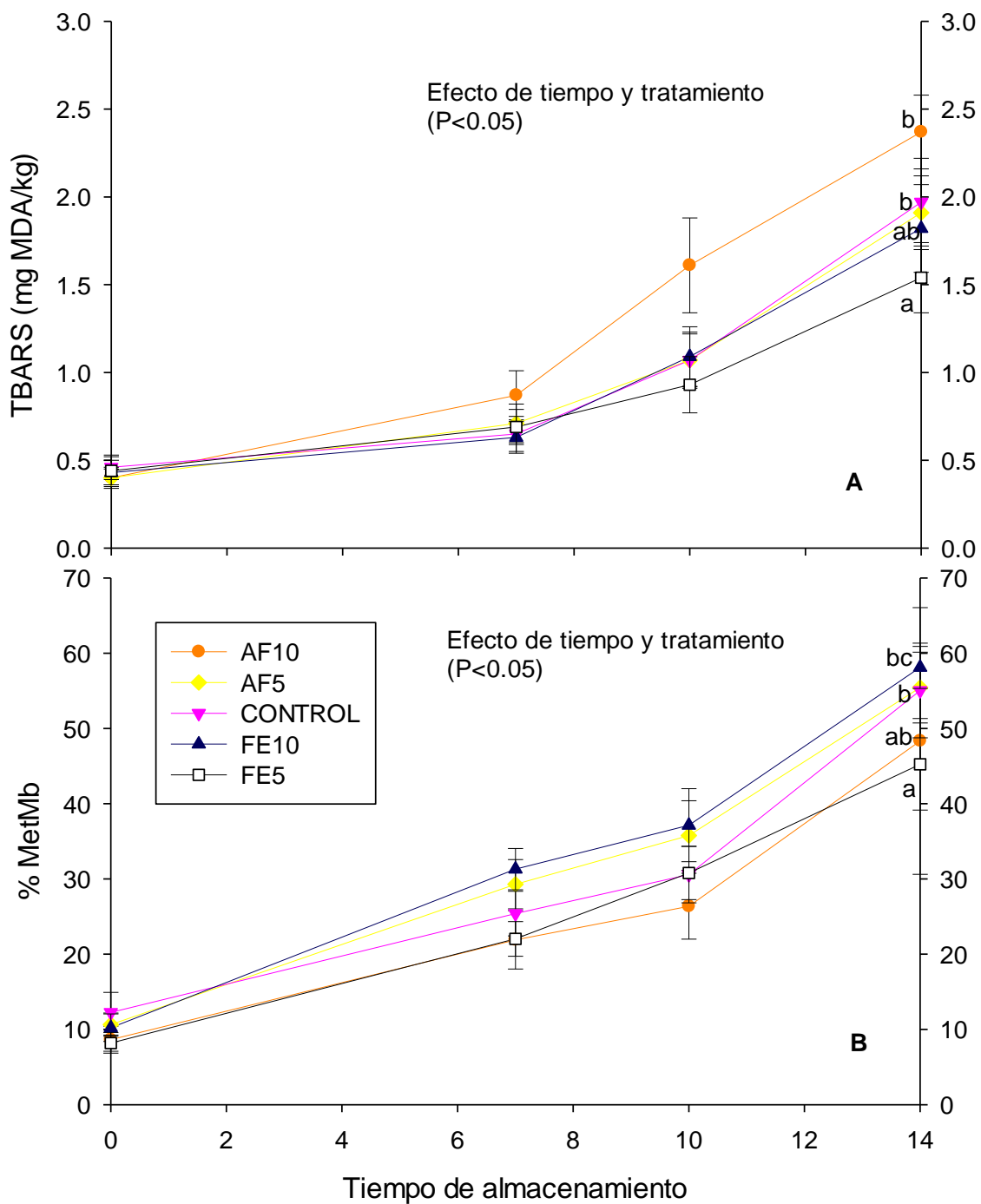


Figura 4. TBARS (A) y porcentaje de Metamioglobina (B) en carne fresca de res almacenada en refrigeración (AF10=ácido ferúlico 10ppm; AF5=ácido ferúlico 5ppm; Control; FE10= ferulato de etilo 10ppm y FE5= ferulato de etilo 5ppm). abc, medias con diferente literal indican diferencia (P<0.05).

Esta habilidad de ferulato de etilo para prevenir la oxidación se puede deber a su naturaleza lipofílica ya que debido a esta afinidad, FE puede actuar rápidamente en las membranas lipoproteicas y tejidos, elimina radicales libres como oxígeno singlet y radicales hidroxilo; y forma complejos estables los cuales disminuyen la acción en cadena y de deterioro de los radicales libres en la membrana celular (Hu et al., 2006).

En un estudio previo (Serna, 2012), al suplementar 6 ppm de AF en la dieta de bovinos durante 30 d, se observó también una disminución en la oxidación de lípidos respecto a los animales no suplementados, mientras que cuando se suplementó a los animales la misma dosis por 60 d, la carne se oxidó más rápido. De lo anterior se deduce que la suplementación de dosis baja (5 o 6 ppm) durante 30 d resulta efectiva para prevenir la peroxidación lipídica, mientras que dosis alta (10 ppm) o mayor tiempo de exposición (60 d) resulta en un efecto pro-oxidante en la carne. El posible efecto negativo en la oxidación de la carne con AF10 se pudo deber a que este compuesto se acumuló en altas concentraciones en músculo, lo que lo hace propenso a revertir la acción como antioxidante. Esto es, volverse inestable debido a su alta concentración provocar bajos potenciales de oxidación, que permite reducir el ion Fe^3 en hemoglobina para sufrir una auto-oxidación y actuar como un pro-oxidante (Bravo, 1998; Jiménez et al., 2009; Pérez Trueba, 2003; Yoshino et al., 1999).

Así mismo, recientemente se ha evidenciado un efecto positivo como antioxidante mediante adición directa de 200 ppm de AF y la combinación AF/FE en carne molida bajo condiciones de almacenamiento en refrigeración (Hernández, 2013). Lo anterior difiere del presente estudio, donde se encontraron mejores efectos de protección con FE respecto a AF a las mismas condiciones de almacenamiento sin embargo se suplementó desde dieta a dosis 20 veces menores; lo que puede sugerir que la suplementación de FE ayuda de mejor forma a aumentar la vida de anaquel, mientras que adicionar AF o AF/FE a mayores dosis directamente en carne molida puede tener un efecto similar.

Los efectos de disminución en la oxidación de los lípidos de FE5 pueden ser similares con reportes donde se suplementa vitamina E a 2500 UI/animal/d durante 132 d. La vitamina E influye en un decremento de la oxidación de los lípidos en la carne durante su almacenamiento en refrigeración (Yang et al., 2002). Es conocido que vitamina E ejerce su acción antioxidante en la membrana lipídica y actúa más rápido que la peroxidación de los lípidos, lo que provoca menor cambio en la oxidación de la mioglobina y la decoloración de la carne (Morrissey et al., 2000); lo que conlleva a preservar la integridad de las células musculares mediante la prevención de la oxidación de los fosfolípidos en la membrana, efecto que puede estar ocurriendo de forma similar con FE5 (Gray et al., 1996). Por los resultados observados en el presente estudio, la suplementación de FE a dosis baja podría sugerirse como una buena alternativa a la vitamina E como antioxidante, ya que se suplementa por menor tiempo en menor cantidad; además de tomarse en cuenta como efecto promotor de crecimiento el cual se evidenció anteriormente.

Adicionalmente, algunos compuestos naturales en dieta de bovinos no demuestran ser efectivos como FE al momento de ejercer un efecto antioxidante en carne; O'Grady et al. (2006) suplementó catequinas (1000mg/animal/día) y extracto de romero (1000mg/ animal/ d) por separado durante 103 d en la dieta de bovinos, y no encontró efecto en TBARS en la carne, inclusive bajo empaque en atmósferas modificadas por 11 d. Lo que se puede inferir que no todos los compuestos fenólicos pueden actuar de manera eficaz como antioxidante, por lo que es necesario hacer un análisis sobre los niveles de inclusión en la dieta a través de estudios *in vivo*, de manera que se tiene que evaluar el ecosistema ruminal para evidenciar su posible biodisponibilidad.

En metamioglobina (Figura 4B) se observó un efecto significativo del tiempo de almacenamiento y de los tratamientos ($P < 0.05$). La carne de todos los tratamientos inicialmente presentó porcentajes de metamioglobina de alrededor de 9% y se incrementó hasta llegar a valores entre 50 y 55% al final del almacenamiento. El tratamiento FE5 fue el mejor ya que redujo por encima del

15% la formación de metamioglobina en la carne, respecto a los tratamientos control, AF5 y FE10 ($P < 0.05$), lo cual resultó consistente con una menor pérdida del color rojo en la carne (Δa^*) durante su almacenamiento. Posiblemente relacionado al efecto de protección de la autoxidación de los lípidos lo cuales están fuertemente correlacionados con los cambios de color y la formación de Metmb en la carne (Faustman et al., 1998; Ou y Kwok, 2004).

Un estudio previo donde se evaluó el potencial de AF y FE para inhibir la formación de Metmb en carne molida almacenada durante 7 días respecto a una carne sin tratamiento, arrojó resultados similares al presente estudio, lo que indica que tanto su adición directamente o a través de la dieta, puede mejorar la calidad de la carne (Hernández, 2013). El efecto observado en el presente estudio en la carne con FE5 fue similar, e inclusive mejor a los efectos demostrados por otros compuestos naturales como la vitamina E (Bloomberg et al., 2011; Franco et al., 2012; Gatellier et al., 2001) y otros compuestos fenolicos (Braden et al. (2007) para mejorar la resistencia a la oxidación de la mioglobina, y una mejor estabilidad de color. Lo anterior sugiere que FE puede ser una alternativa a la vitamina E (Faustman et al., 1998; Mateo, 2007; McDowell et al., 1996; O'Sullivan et al., 2002).

6.3.2 Parámetros de Color L^* a^* b^* , Δa^* , Matiz

El parámetro de color L^* (Figura 5A) no varió con respecto al tiempo de almacenamiento ($p > 0.05$), sin embargo los tratamientos experimentales si modificaron este parámetro ($P < 0.05$). En promedio, los tratamientos control y FE5 (38.91 y 39.18 respectivamente) fueron menores a FE10 (41.61) durante los 14 d de anaquel, lo que mostró una tendencia a un color más claro para FE10, efecto que puede ser atribuible al mayor puntaje de marmoleo de las canales con FE respecto al control. Mientras que AF5 y AF10 (40.48 y 41.03, respectivamente), durante los 14 d de almacenamiento, presentaron valores intermedios y similares a los demás tratamientos. Estas pequeñas variaciones

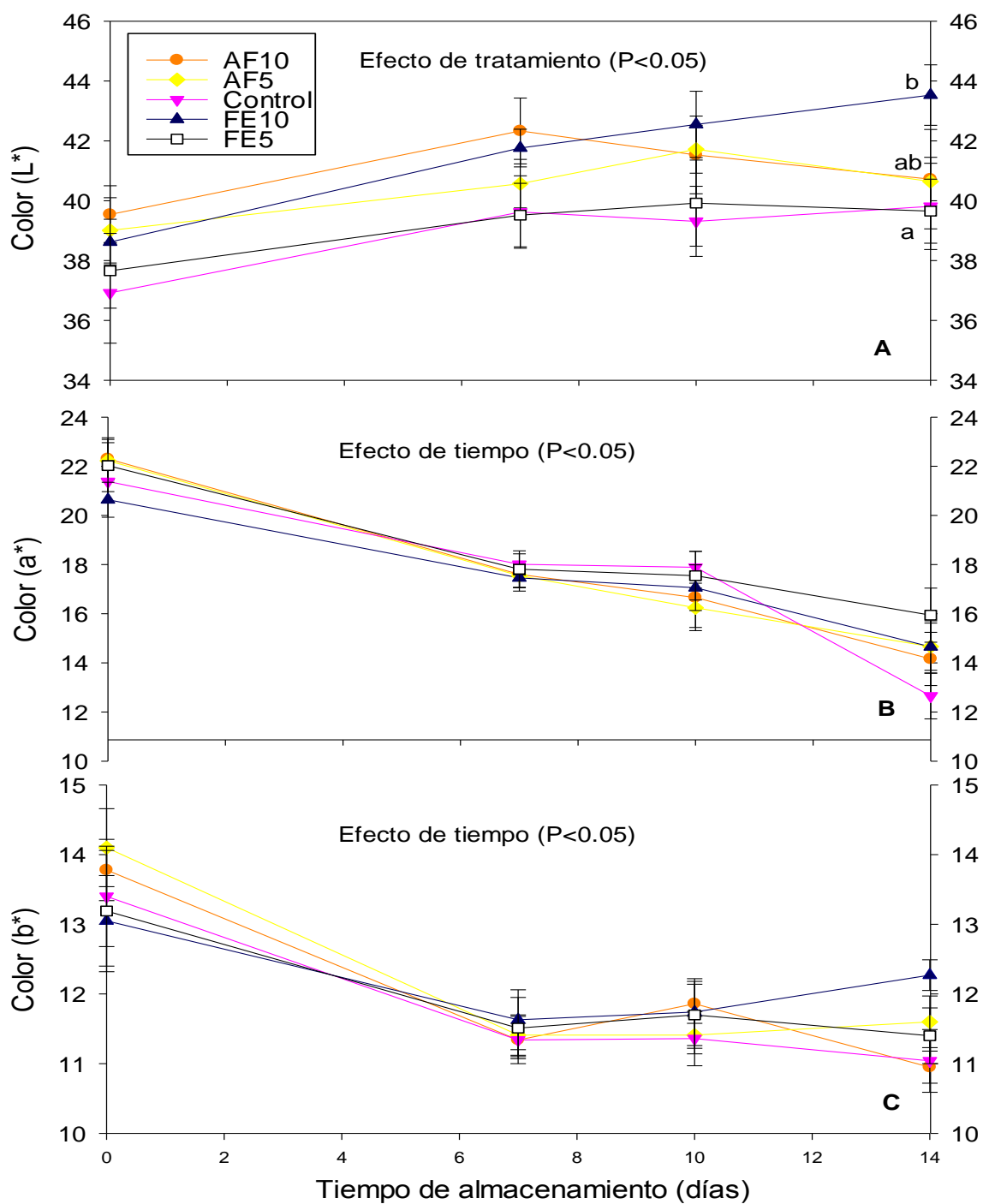


Figura 5. Color L* (A), a* (B) y b* (C), en carne fresca de res almacenada en refrigeración (AF10=ácido ferúlico 10ppm; AF5=ácido ferúlico 5ppm; Control; FE10= ferulato de etilo 10ppm y FE5= ferulato de etilo 5ppm). ab, medias con diferente literal indican diferencia (P<0.05).

significativas entre tratamientos en el parámetro L^* de la carne, no son importantes desde el punto de vista tecnológico y de calidad de la carne, pues ninguno de los tratamientos redujo el valor de luminosidad de la carne como para que ésta pudiera ser considerada como carne oscura firme y seca ($L^* < 33$) (Wulf y Wise, 1999).

En estudio similar, Serna (2012) no encontró diferencias en el color L^* de la carne con y sin AF, y los valores estuvieron en el rango normal. Por otra parte en concordancia al presente trabajo, un estudio donde se suplementó 2% de tasco (algas con alto contenido de compuestos fenólicos) en bovinos, no se afectó negativamente la luminosidad de la carne durante su almacenamiento en refrigeración (Braden et al., 2007); además, los valores de L^* observados en FE10 (42) del presente estudio son consistentes con aquellos reportados por Franco et al. (2012) donde utilizaron aceites vegetales más 2 g de vitamina E desde la dieta de bovinos y encontraron valores similares en luminosidad ($L^* = 42$) de la carne almacenada por 14 d. Esto último indica que con la suplementación de FE10, es posible obtener valores de luminosidad en la carne similares a los obtenidos cuando se suplementa vitamina E en la dieta.

Respecto al parámetro de color a^* (Figura 5B), se encontraron diferencias solo por el tiempo de almacenamiento ($P < 0.05$). Se observó una reducción de éste parámetro conforme avanzó el tiempo de almacenamiento. Además, aunque no se presentó efecto de tratamiento ($P > 0.05$), hubo una tendencia a presentar mayores valores de a^* en la carne de FE5 respecto al grupo control, lo que se puede atribuir al efecto lipofílico y protección de la oxidación de lípidos, tal como sucede con vitamina E (Scapagnini et al., 2004).

El diferencial de color a^* (Δa^* , Figura 6A) fue afectado por el tiempo de almacenamiento y los tratamientos ($P < 0.05$), donde todos los tratamientos fueron perdiendo el color rojo. Sin embargo al final del tiempo de almacenamiento, FE5 y FE10 presentaron menor pérdida del color rojo ($P < 0.05$), ya que para el día 14 de almacenamiento éstos tratamientos sólo cambiaron en alrededor de 5.5

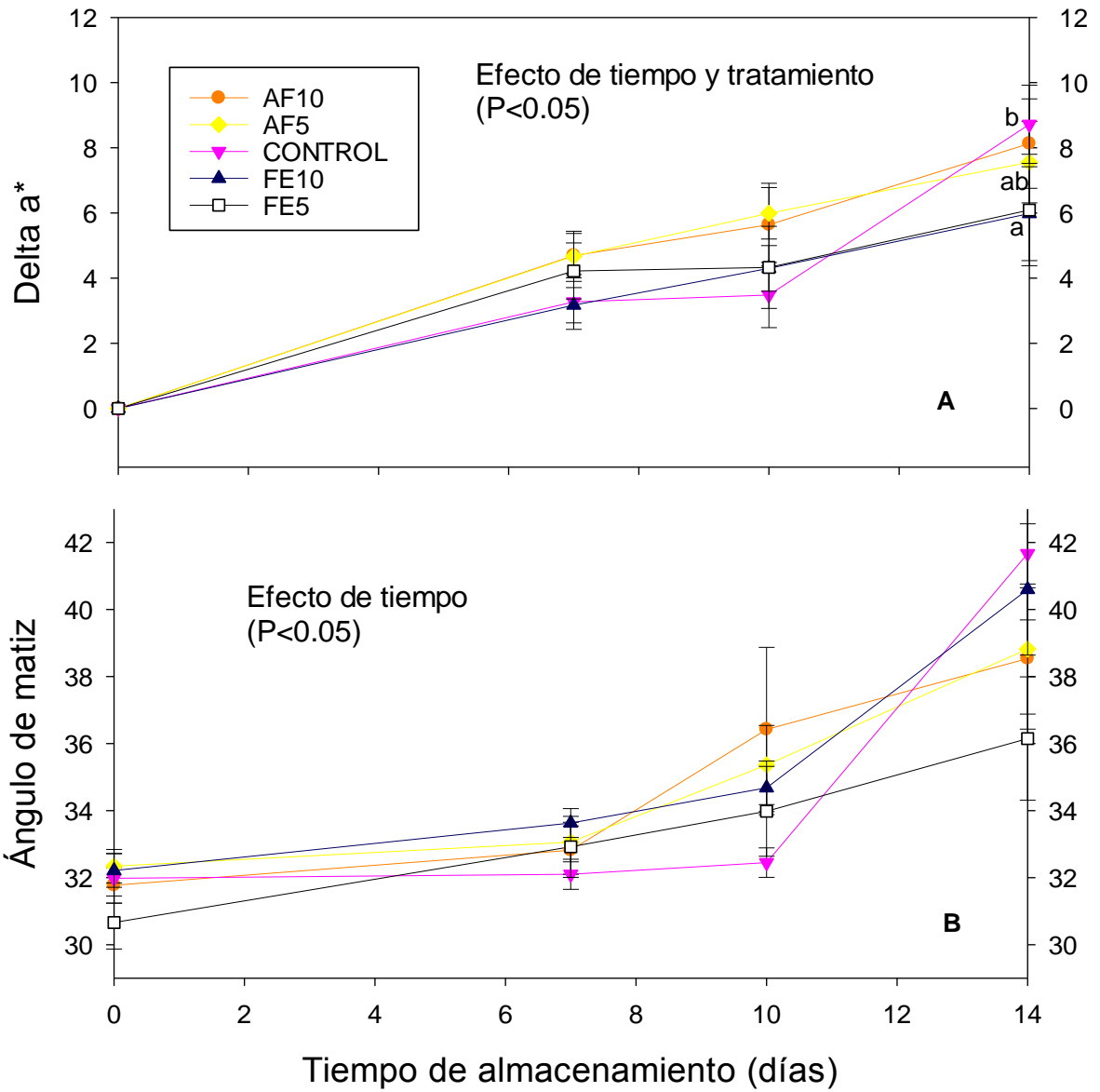


Figura 6. Delta a* (A) y ángulo de matiz (B) en carne fresca de res almacenada en refrigeración (AF10=ácido ferúlico 10ppm; AF5=ácido ferúlico 5ppm; Control; FE10= ferulato de etilo 10ppm y FE5= ferulato de etilo 5ppm). ab, medias con diferente literal indican diferencia (P<0.05).

unidades respecto a los valores iniciales, mientras que el grupo control perdió cerca de 9 unidades. La carne de AF10, al final del almacenamiento, presentó un valor similar al obtenido en la carne del grupo control. Estos resultados indican que la suplementación de FE a cualquier dosis permitió reducir la pérdida del color rojo de la carne al término de los 14 d de anaquel, mientras que una dosis alta de AF puede actuar como un agente pro-oxidante que afectó principalmente la pigmentación roja en la carne.

De forma similar, Serna (2012) reportó que cuando se suplementó 6 ppm de AF por 60 d, la carne perdió más rápido el color rojo que el control o cuando se suplementó 6 ppm de AF por 30 d. En el presente estudio, la carne con AF10 presentó mayor pérdida del color rojo respecto a FE a cualquier dosis. En este sentido, la literatura afirma que existe una relación entre la oxidación lipídica y la decoloración en la carne, lo que puede sugerir que la exposición por largos tiempos o dosis altas de AF genera un efecto pro-oxidante en la carne (Kanner et al., 1987).

En el estudio de Serna (2012) se observaron diferencias en a^* al suplementar en la dieta 6 ppm de AF durante 30 d. Lo cual difiere del presente trabajo posiblemente por la cantidad adicionada de los compuestos en la dieta (5 y 10 ppm de AF), el lugar de procedencia de los animales y clima en la prueba de alimentación, inclusive al posible efecto pro-oxidante que pudo ocurrir al suplementar AF a dosis altas. Por su parte, Hernández (2013) observó que la adición directa de AF o una mezcla de AF/FE a la carne molida de res permitió mantener el color rojo por más tiempo y similar al observado con vitamina E. En el presente estudio FE5 también logró mantener el color rojo en carne, sin embargo puede resultar de mayor factibilidad en cuanto a costos utilizar AF o FE desde la dieta, ya que se necesita menor cantidad de compuestos para ejercer el mismo efecto en anaquel.

Debido al efecto encontrado con FE en la protección del color rojo puede sugerirse su comparación con aditivos rutinariamente utilizados en bovinos como la vitamina E. Similar al presente estudio, Yang et al. (2002) encontró una mejora

en el color rojo en la carne y sus cambios a través de 9 d de almacenamiento al suplementar 2500 UI/animal/d de vitamina E durante 132 d en bovinos. Además, Chan et al. (1996) reportaron que la vitamina E suplementada a 1204 U.I./cabeza/d durante 122 d a bovinos, retrasó la formación de metamioglobina en el músculo, lo cual se reflejó en valores más altos de a^* y menor decoloración de la carne respecto a la de los animales no suplementados. Similar efecto que ocurrió con FE en Δa^* , sin embargo con un período de suplementación menor.

Para la variable b^* y el ángulo de matiz (Figura 5C y 6B) no se presentaron diferencias entre tratamientos ($P>0.05$); sin embargo, hubo un efecto debido al tiempo ($P<0.05$) donde se observó un incremento del valor de b^* para todos los tratamientos a los días 7, 10 y 14 con respecto al día 0 de almacenamiento. Este comportamiento también fue observado para el ángulo de matiz. En el estudio de Serna (2012), los valores de b^* de la carne tampoco fueron afectados al incorporar en la dieta 6 ppm de AF durante 30 y 60 d. De igual forma, en otra investigación donde se evaluó el efecto de la suplementación de vitamina E y la adición directa en la carne de extractos de semilla de uva y de romero, no se observó efecto sobre el parámetro b^* (Franco et al., 2012). El aumento en los valores del ángulo de matiz a través del tiempo es considerado como un efecto natural de pardeamiento de la carne, asociado directamente con la decoloración y acumulación de metamioglobina en la carne (Luciano et al., 2011). Sin embargo, mediante el uso de antioxidantes estos valores pueden incrementarse más lentamente.

Respecto al ángulo de matiz, (Serna, 2012) solamente observó un incremento en el ángulo de matiz cuando se suplementó 6 ppm de AF por 60 d, esto se atribuyó a que una exposición prolongada en la dieta podría ocasionar cambios de color (pardeamiento) debido al efecto pro-oxidante que demostró AF a tiempos largos de suplementación, AF10 presentó un efecto similar pero suplementado por 30 d. Lo anterior significa, que al suplementar estos compuestos por largos periodos o a dosis altas como la que se utilizó en el

presente trabajo (AF10) podría dar por resultado una carne susceptible al deterioro debido al posible efecto pro-oxidante de los compuestos y verse reflejado en una inestabilidad en el color que puede generar rechazo por parte del consumidor.

6.3.3 pH de la carne

La Figura 7 muestra el comportamiento del pH de la carne a través del tiempo de almacenamiento. No se presentaron diferencias entre tratamientos ($P > 0.05$) y los valores medios (5.5-5.8) estuvieron dentro del rango de pH normal para carne fresca (Fennema, 1993). Los resultados en el presente trabajo, son semejantes a los reportados por Serna (2012), donde se suplementó 6ppm de AF por 30 y 60 d en bovinos en finalización, y no se presentaron cambios significativos en el pH de la carne debido al tiempo de almacenamiento ni a los tratamientos. En contraste cuando estos compuestos son incorporados de manera directa si ocasionan una disminución significativa del pH que se mantiene a lo largo de la vida de anaquel (Hernández, (2013).

6.3.4 Cambios en los Atributos Sensoriales

Los resultados de las pruebas sensoriales de color, decoloración, pérdida de olor a fresco y pérdida de sabor a fresco en carne fresca de res almacenada se muestran en las figuras 8 y 9, donde los atributos sólo cambiaron debido al tiempo de almacenamiento ($P < 0.05$) y no por los tratamientos experimentales ($P > 0.05$). Las calificaciones para el color oscilaron inicialmente en rojo cereza y rosado hasta tornarse a rojo claro para el final del almacenamiento. Por su parte en el porcentaje de decoloración, la carne de todos los tratamientos presentaron valores finales entre el 21-60% para el día 14 de almacenamiento. Un efecto similar fue reportado al suplementar vitamina E en la dieta en bovinos, donde los

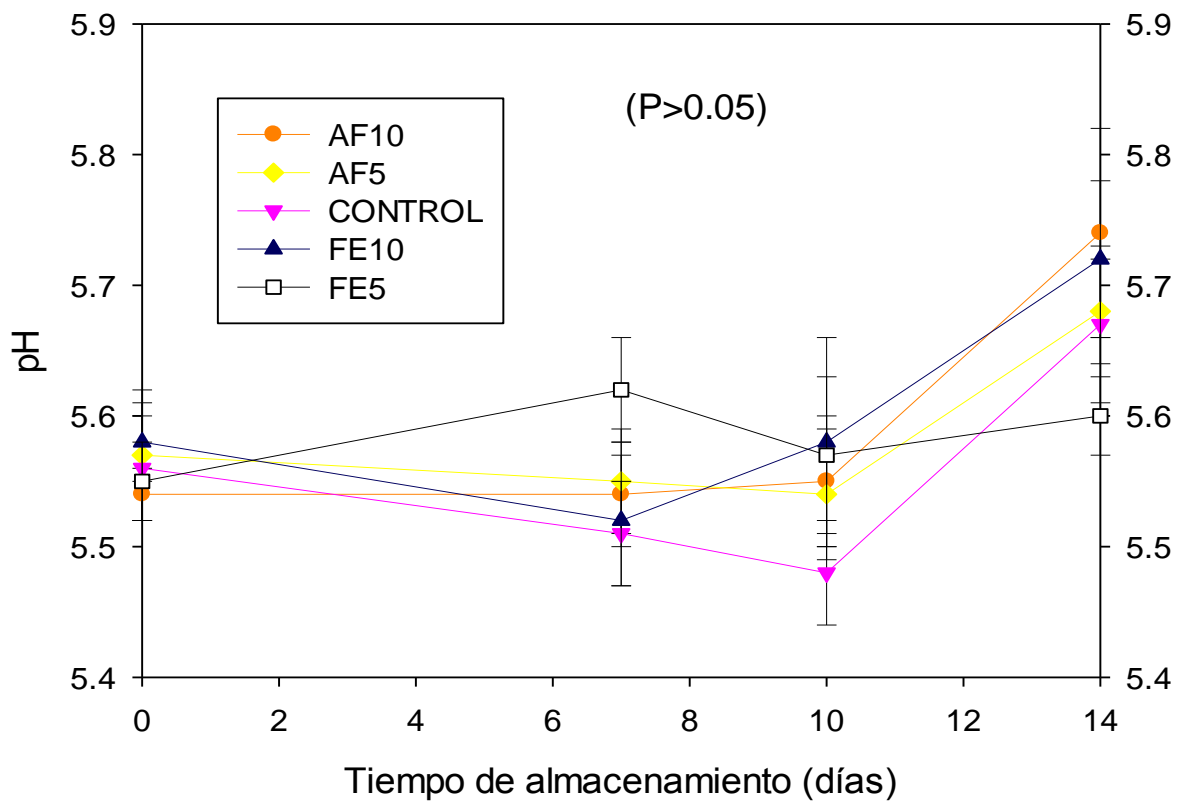


Figura 7. pH en carne fresca de res bajo condiciones de refrigeración (AF10=ácido ferúlico 10ppm; AF5=ácido ferúlico 5ppm; Control; FE10= ferulato de etilo 10ppm y FE5= ferulato de etilo 5ppm).

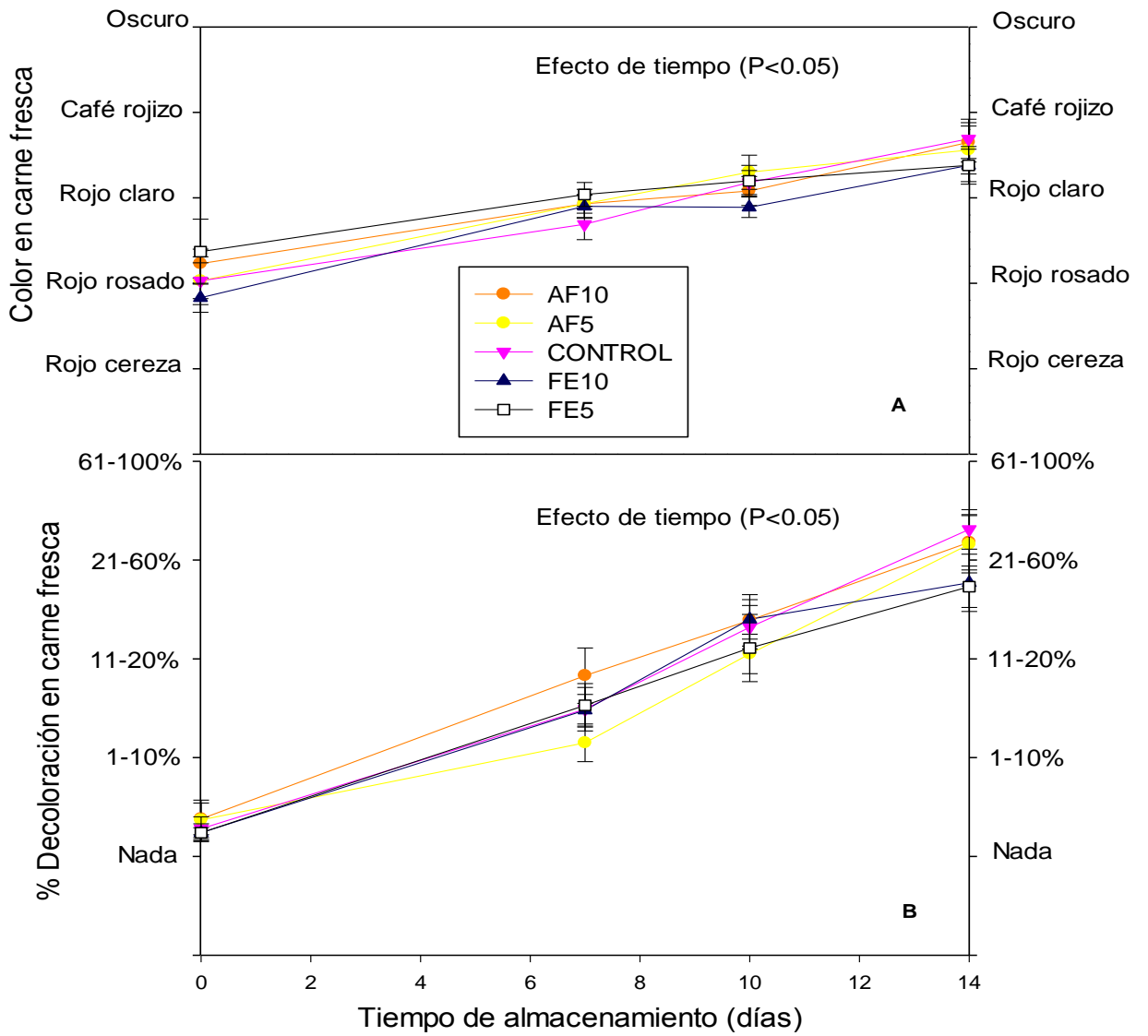


Figura 8. Evaluación sensorial de color (A) y % decoloración (B) en carne fresca de res almacenada en refrigeración. (AF10=ácido ferúlico 10ppm; AF5=ácido ferúlico 5ppm; Control; FE10= ferulato de etilo 10ppm y FE5= ferulato de etilo 5ppm).

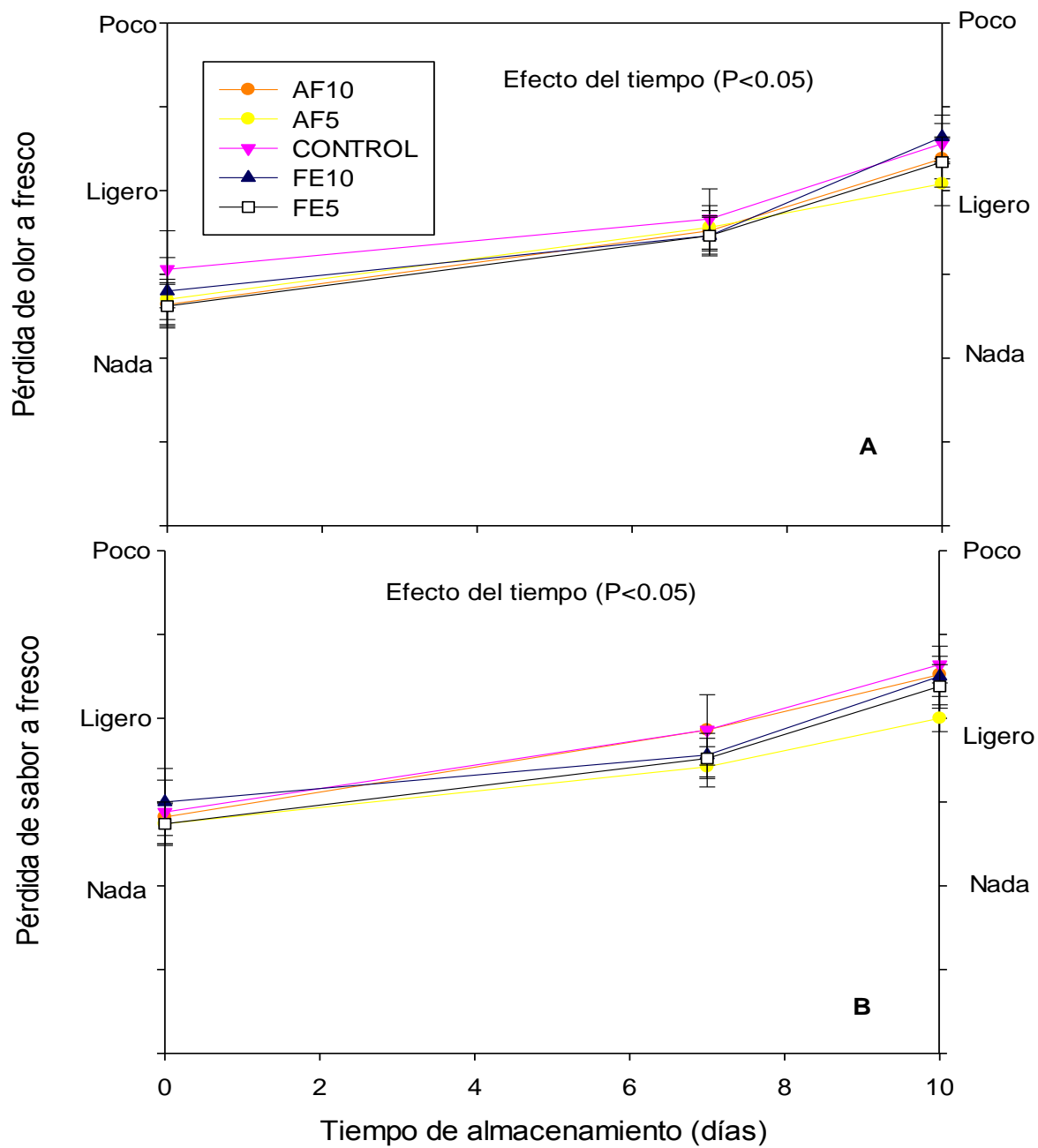


Figura 9. Evaluación sensorial sobre pérdida de olor (A) y pérdida de sabor (B) en carne de res cocinada (AF10=ácido ferúlico 10ppm; AF5=ácido ferúlico 5ppm; Control; FE10= ferulato de etilo 10ppm y FE5= ferulato de etilo 5ppm).

panelistas no percibieron diferencias en decoloración del corte (músculo *Longissimus lumborum*) respecto a la dieta control (Arnold et al., 1992).

Por su parte las calificaciones en pérdida de olor y sabor oscilaron entre la escala Nada y Ligero hasta el día 10 de anaquel. En concordancia con el presente estudio, en evaluaciones sensoriales donde se adicionó directamente AF, FE y AF/FE a 200 ppm en carne molida de res, no se detectaron diferencias en los atributos de color, decoloración, pérdida de olor y sabor a fresco (Hernández, 2013). Cabe mencionar que en el presente estudio, las dosis de AF y FE fueron hasta 20 veces menores que en el estudio de Hernández (2013) lo que puede resultar más factible utilizar los compuestos desde la dieta. Asimismo, un estudio donde utilizaron compuestos naturales en la dieta no encontraron diferencias en los atributos sensoriales al suplementar catequinas y extracto de romero en bovinos (O'Grady et al., 2006).

Es importante indicar que aunque no se detectaron diferencias entre tratamientos en la decoloración sensorial de la carne, el incremento en los valores de este atributo por efecto del tiempo de almacenamiento, coinciden con los incrementos significativos observados en las variables TBARS y Metmb. No obstante que no se encontraron diferencias significativas en decoloración sensorial, la carne con FE5 mostró una tendencia a valores más bajos, lo cual puede estar relacionado a la mayor habilidad que demostró este tratamiento para retardar la oxidación lipídica.

VII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En la prueba de alimentación en corral las dietas con AF y FE mostraron 24% más de GDP respecto al control. Lo que puede sugerir que la inclusión en la dieta de éstos compuestos puede ejercer un efecto promotor de crecimiento. Además, se redujo un 18% la conversión alimenticia en los animales suplementados con AF y FE respecto al control; a pesar de no haber resultado significativo, desde el punto de vista de costos resulta importante.

El peso de la canal fría y caliente fue mejor en los animales suplementados respecto al control. Se obtuvo un mayor rendimiento en canal (fría y caliente) y área de ojo de costilla a dosis baja de AF respecto a la dosis alta, lo que representa un mayor volumen en los cortes para venta. También, FE a dosis alta produjo canales con mayor marmoleo y por tanto mayor porcentaje de canales clasificadas como Choice.

En el estudio de vida de anaquel, las dosis de FE (5 ppm y 10 ppm) fueron más efectivas que el control para retardar los cambios de color rojo y protegieron de forma más eficiente a la carne de la oxidación lipídica cuando esta fue almacenada durante 14 d. Adicionalmente la carne con FE5 presentó menor formación de Metmb.

Sensorialmente, la carne con FE a cualquier dosis fue percibida por el panel como una carne más blanda y con mayor sensación a grasa respecto al grupo control, además de mostrar buenas calificaciones en parámetros como jugosidad, sabor, olor y color.

Por los resultados obtenidos en el comportamiento productivo, calidad de la canal y debido al efecto antioxidante en la carne, AF5, FE5 y FE10 pueden ser utilizados eficientemente como una alternativa natural como promotores del crecimiento, y adicionalmente prolongar la vida de anaquel de la carne de res bajo condiciones de refrigeración.

Es importante resaltar que AF y FE mostraron un efecto como promotor de crecimiento, lo que requiere realizar futuras investigaciones sobre el o los posibles mecanismos de acción involucrados en la respuesta animal.

VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- A.O.A.C. (1990). *Official methods of analysis, 15th ed.* Washington: Association of official analytical chemists.
- Adom, K. K. y Liu, R. H. (2002). Antioxidant activity of grains. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50(21), 6182-6187.
- Alvarado, A. y Macedo, R. (2005). Efecto de la época de monta sobre la productividad de ovejas Pelibuey bajo dos sistemas de alimentación en Colima, México. *Archivos de zootecnia*, 54(205), 51-62.
- AMSA. (1995). *Research guidelines for cookery, sensory evaluation and instrumental tenderness measurements of fresh meat.*, Chicago, Illinois.
- AMSA. (1995). Research Guidelines for Cookery, Sensory Evaluation, and Instrumental Tenderness Measurements of Fresh Meat. *American Meat Science Association. U. S. A.*
- Aragón-Martínez, A., Domínguez-Vara, I. A., Salazar-García, F., Bórquez-Gastelum, J. L., Mondragón-Ancelmo, J. y Ronquillo, M. G. (2009). Los B-agonistas adrenérgicos como modificadores metabólicos y su efecto en la producción, calidad e inocuidad de la carne de bovinos y ovinos: una revisión. *Ciencia Ergo Sum*, 16(3), 278-284.
- Araujo-Febres, O. y Pietrosevoli, E. (1991). Estudio comparativo de implantes hormonales vs no hormonales en novillos comerciales a pastoreo con suplementación. *Rev. Fac. Agron (LUZ)*, 8, 209-217.
- Arias, R., Mader, T. y Escobar, P. (2008). Factores climáticos que afectan el desempeño productivo del ganado bovino de carne y leche. *Archivos de medicina veterinaria*, 40(1), 7-22.
- Arnold, R., Scheller, K., Arp, S., Williams, S., Buege, D. y Schaefer, D. (1992). Effect of long-or short-term feeding of alpha-tocopheryl acetate to Holstein and crossbred beef steers on performance, carcass characteristics, and beef color stability. *Journal of animal science*, 70(10), 3055-3065.

- Avendaño, L., Torres, V., Meraz, F., Pérez, C., Figueroa, F. y Robinson, P. (2006). Effects of two b-adrenergic agonists on finishing performance, carcass characteristics, and meat quality of feedlot steers. *Journal of animal science*, 84, 3259-3265.
- Ávila, J. M., Beltrán, B., Cerdeño, A. I., Cuadrado, C., Mantecón, Á. R., Moreiras, O. y Varela, G. (2001). *La carne de vacuno en la alimentación humana*. Fundación Española de la Nutrición (FEN).
- Bautista, J. H. y Rincón, F. G. R. (2009). Efecto de los grupos raciales bovinos en las características de calidad de la carne. *Nacameh*, 3(1), 1-20.
- Bavera, G., Bocco, O., Beguet, H. y Petryna, A. (2002). *Promotores del crecimiento y modificadores del metabolismo*.
- Beermann, D. (2002). Beta-adrenergic receptor agonist modulation of skeletal muscle growth. *Journal of animal science*, 80(E-Suppl 1), E18-E23.
- Bloomberg, B. D., Hilton, G. G., Hanger, K. G., Richards, C. J., Morgan, J. B. y VanOverbeke, D. L. (2011). Effects of vitamin E on color stability and palatability of strip loin steaks from cattle fed distillers grains. *Journal of animal science*, 89(11), 3769-3782.
- Boylston, T., Chen, F., Coggins, P., Hydlig, G., McKee, L., Kerth, C. y Nollet, L. M. (2012). *Handbook of meat, poultry and seafood quality*. Unites States of America: John Wiley & Sons.
- Braden, K. W., Blanton, J. R., Montgomery, J. L., Van Santen, E., Allen, V. G. y Miller, M. F. (2007). Tasco supplementation: effects on carcass characteristics, sensory attributes, and retail display shelf-life. *Journal of animal science*, 85(3), 754-768.
- Bravo, L. (1998). Polyphenols: chemistry, dietary sources, metabolism, and nutritional significance. *Nutrition reviews*, 56(11), 317-333.
- Busquet, M., Calsamiglia, S., Ferret, A. y Kamel, C. (2006). Plant extracts affect in vitro rumen microbial fermentation. *Journal of dairy science*, 89(2), 761-771.
- Caicedo, R., Torres, A., Bustamante, Y., Paz, M., Ramírez, M., Hernández, S. y Resendiz, R. (2011). Efectos de los Beta-agonistas (clenbuterol), en las

- actividades fisiohepáticas y reproductivas en rumiantes. *Sitio Argentino de Producción Animal*, 1-6.
- Carnagey, K., Huff-Loneragan, E., Trenkle, A., Wertz-Lutz, A., Horst, R. y Beitz, D. (2008). Use of 25-hydroxyvitamin D3 and vitamin E to improve tenderness of beef from the longissimus dorsi of heifers. *Journal of animal science*, 86(7), 1649-1657.
- Castro, A. (1999). *Producción bovina*. San José Costa Rica: Editorial Universidad Estatal a Distancia.
- Chacón-Villalobos, A. (2004). La suavidad de la carne: implicaciones físicas y bioquímicas asociadas al manejo y proceso agroindustrial. *Agronomía Mesoamericana*, 1(1), 225-243.
- Chan, W., Hakkarainen, K., Faustman, C., Schaefer, D., Scheller, K. y Liu, Q. (1996). Dietary vitamin E effect on color stability and sensory assessment of spoilage in three beef muscles. *Meat Science*, 42(4), 387-399.
- Cho, J., Kim, H. y Kim, I. (2014). Effects of phytogenic feed additive on growth performance, digestibility, blood metabolites, intestinal microbiota, meat color and relative organ weight after oral challenge with *Clostridium perfringens* in broilers. *Livestock Science*, 160, 82-88.
- Christensen, J. O., Grummer, R. R., Rasmussen, F. E. y Bertics, S. J. (1997). Effect of method of delivery of propylene glycol on plasma metabolites of feed-restricted cattle. *Journal of dairy science*, 80(3), 563-568.
- Dávila-Ramírez, J. L., Avendaño-Reyes, L., Macías-Cruz, U., Torrentera-Olivera, N. G., Zamorano-García, L., Peña-Ramos, A. y González-Ríos, H. (2013). Effects of zilpaterol hydrochloride and soybean oil supplementation on physicochemical and sensory characteristics of meat from hair lambs. *Small Ruminant Research*, 114(2), 253-257.
- Depetris, G. y Santini, F. (2005). Calidad de carne asociada al sistema de producción. *Grupo de Nutrición, Metabolismo y Calidad de Producto. INTA. Estación Experimental Balcarce, Argentina.*

- Destefanis, G., Brugiapaglia, A., Barge, M. T. y Dal Molin, E. (2008). Relationship between beef consumer tenderness perception and Warner-Bratzler shear force. *Meat Science*, 78(3), 153-156.
- Dikeman, M. E. (2007). Effects of metabolic modifiers on carcass traits and meat quality. *Meat Science*, 77(1), 121-135.
- Doval, M. M., Andreo, A. A., Romero, A. M., Sturla, M. y Judis, M. A. (2000). Antioxidantes naturales en emulsiones cárnicas cocidas. *Comunicaciones Tecnológicas. UNNE. Argentina*.
- Dunshea, F. R., Souza, D. N., Pethick, D. W., Harper, G. S. y Warner, R. D. (2005). Effects of dietary factors and other metabolic modifiers on quality and nutritional value of meat. *Meat Science*, 71(1), 8-38.
- Eng, K. (2000). Choices of implants, implant strategies increases again *Feedstuffs*. 72, 10.
- Ertas, O. N., Güler, T., Çiftçi, M., Dalkılıç, B. y Simsek, Ü. G. (2005). The effect of an essential oil mix derived from oregano, clove and anise on broiler performance. *International Journal of Poultry Science*, 4(11), 879-884.
- Estrada-Angulo, A., Barreras-Serrano, A., Contreras, G., Obregon, J. F., Robles-Estrada, J. C., Plascencia, A. y Zinn, R. A. (2008). Influence of level of zilpaterol chlorhydrate supplementation on growth performance and carcass characteristics of feedlot lambs. *Small Ruminant Research*, 80, 107-110.
- FAO. (2012). *Consumo de carne*.
- FAO. (2013). *Carnes y productos cárnicos*.
- Faustman, C., Chan, W., Schaefer, D. y Havens, A. (1998). Beef color update: the role for vitamin E. *Journal of animal science*, 76(4), 1019-1026.
- Faustman, C., Sun, Q., Mancini, R. y Suman, S. P. (2010). Myoglobin and lipid oxidation interactions: Mechanistic bases and control. *Meat Science*, 86(1), 86-94.
- Fennema, O. R. (1993). *Química de los alimentos*. Zaragoza, España: Acribia

- Flachowsky, G. y Lebzien, P. (2012). Effects of phytogetic substances on rumen fermentation and methane emissions: A proposal for a research process. *Animal Feed Science and Technology*, 176(1–4), 70-77.
- Franco, D., González, L., Bispo, E., Latorre, A., Moreno, T., Sineiro, J., . . . Núñez, M. J. (2012). Effects of calf diet, antioxidants, packaging type and storage time on beef steak storage. *Meat Science*, 90(4), 871-880.
- Gallo, C., Tadich, B. y Néstor, M. V. (2008). Bienestar animal y calidad de carne durante los manejos previos al faenamamiento en bovinos. *REDVET. Revista Electrónica de Veterinaria*, 9(10B).
- García-González, R., López, S., Fernández, M. y González, J. S. (2006). Effects of the addition of some medicinal plants on methane production in a rumen simulating fermenter (RUSITEC). *International Congress Series*, 1293(0), 172-175.
- Gatellier, P., Hamelin, C., Durand, Y. y Renerre, M. (2001). Effect of a dietary vitamin E supplementation on colour stability and lipid oxidation of air-and modified atmosphere-packaged beef. *Meat Science*, 59(2), 133-140.
- Gil, M., Bañón, S. y Cayuela, J. (2001). Utilización de extractos de plantas como antioxidantes naturales en carne y productos cárnicos: revisión. *Eurocarne*, 11(101), 29-41.
- González-Ríos, H., Valenzuela-Grijalva, N. V., Valenzuela-Melendres, M. y Torrescano, G. (2012). Efecto de la estrategia de implante con zeranol y maduración post-mortem sobre la fuerza de corte de la carne de corderos mestizos de pelo corto. *Revista Científica*, 22(003).
- Graf, E. (1992). Antioxidant potential of ferulic acid. *Free Radical Biology and Medicine*, 13, 435-448.
- Gray, J. I., Gomaa, E. A. y Buckley, D. J. (1996). Oxidative quality and shelf life of meats. *Meat Science*, 43, Supplement 1(0), 111-123.
- Hernández, R. (2013). *Evaluación de la capacidad antioxidante y antibacteriana de ácido ferúlico y ferulato de etilo en carne fresca de res*. Maestría en Ciencias Tesis de Maestría en Ciencias, Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, Hermosillo, México.

- Hope-Jones, M., Strydom, P. E., Frylinck, L. y Webb, E. C. (2012). Effect of dietary beta-agonist treatment, vitamin D3 supplementation and electrical stimulation of carcasses on colour and drip loss of steaks from feedlot steers. *Meat Science*, 90(3), 607-612.
- Hu, W., Liu, J., Wu, Y., Guo, Y. y Ye, J. (2006). Effects of tea saponins on in vitro ruminal fermentation and growth performance in growing Boer goat. *Archives of animal nutrition*, 60(1), 89-97.
- Hui, Y. H., Guerrero, I. y Rosmini, M. R. (2006). *Ciencia y Tecnología de Carnes*. México, D. F.: Editorial Limusa.
- Jadhav, S. J., Nimbalkar, S. S., Kulkarni, A. D. y Madhavi, D. L. (1996). Lipid oxidation in biological and food systems. *Food antioxidants*, 5-63.
- Jiménez, C. I. E., Martínez, E. Y. C. y Fonseca, J. G. (2009). Flavonoides y sus acciones antioxidantes. *Rev Fac Med UNAM*, 52(2).
- Kanner, J., German, J. B., Kinsella, J. E. y Hultin, H. O. (1987). Initiation of lipid peroxidation in biological systems. *Critical Reviews in Food Science & Nutrition*, 25(4), 317-364.
- Kemp, C. M., Sensky, P. L., Bardsley, R. G., Buttery, P. J. y Parr, T. (2010). Tenderness- An enzymatic view. *Meat Science*, 84(2), 248-256.
- Kikuzaki, H., Hisamoto, M., Hirose, K., Akiyama, K. y Taniguchi, H. (2002). Antioxidant properties of ferulic acid and its related compounds. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50(7), 2161-2168.
- Kim, Y. K., Choi, H. y Myung, K. H. (2005). Effects of propylene glycol on carcass traits and its related gene expression in Korean native steers. *Journal of animal science*, 83(2), 344-349.
- Koohmaraie, M., Shackelford, S. D., Muggli-Cockett, N. E. y Stone, R. T. (1991). Effect of the beta-adrenergic agonist L644, 969 on muscle growth, endogenous proteinase activities, and postmortem proteolysis in wether lambs. *Journal of animal science*, 69(12), 4823-4835.
- Kumar, A. y Kanwar, S. S. (2011). Synthesis of ethyl ferulate in organic medium using celite-immobilized lipase. *Bioresource Technology*, 102(3), 2162-2167.

- Lawrence, T. L. J., Fowler, V. R. y Novakofski, J. E. (2002). *Growth of farm animals*. London, U. K.: Cabi.
- Lawrie, R. A., Barrado, A. M., Buesa, P. L. L. y Esteban, B. M. (1998). *Ciencia de la carne*: Acribia Zaragoza.
- Luciano, G., Vasta, V., Monahan, F. J., López-Andrés, P., Biondi, L., Lanza, M. y Priolo, A. (2011). Antioxidant status, colour stability and myoglobin resistance to oxidation of longissimus dorsi muscle from lambs fed a tannin-containing diet. *Food Chemistry*, 124(3), 1036-1042.
- Mateo, J. (2007). Estabilidad del color de la carne fresca. *Nacameh*, 1(1), 67-74.
- McDowell, L., Williams, S., Hidioglou, N., Njeru, C., Hill, G., Ochoa, L. y Wilkinson, N. (1996). Vitamin E supplementation for the ruminant. *Animal Feed Science and Technology*, 60(3), 273-296.
- Mersmann, H. J. (1998). Overview of the effects of beta-adrenergic receptor agonists on animal growth including mechanisms of action. *Journal of animal science*, 76(1), 160-172.
- Mora, I. (2007). *Nutrición Animal*. San José, Costa Rica: Editorial Universidad Estatal a Distancia.
- Morgan, J. (1997). Implant program effects on USDA beef carcass quality grade traits and meat tenderness. *Research report P*.
- Morón-Fuenmayor, O., Zamorano García, L., Ysunza, F. y González Méndez, N. F. (2002). Efecto del clorhidrato de zilpaterol y la vitamina D3 sobre la calidad de la carne en novillas comerciales. *Revista Científica*, 12(006).
- Morrissey, P. A., Buckley, D. J., Galvin, K., Decker, E., Faustman, C. y Lopez-Bote, C. J. (2000). Vitamin E and the oxidative stability of pork and poultry. *Antioxidants in muscle foods: nutritional strategies to improve quality*, 263-287.
- Niño-Medina, G., Carvajal-Millán, E., Gardea-Bejar, A., Rascón-Chu, A. y Márquez-Escalante, J. A. (s/f). CARACTERIZACIÓN COMPOSICIONAL, FISICOQUÍMICA Y FUNCIONAL DE UNA GOMA DE MAÍZ RECUPERADA DEL NEJAYOTE.

- Nirmal, N. P. y Benjakul, S. (2009). Effect of ferulic acid on inhibition of polyphenoloxidase and quality changes of Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) during iced storage. *Food Chemistry*, 116(1), 323-331.
- Nishimura, T., Hattori, A. y Takahashi, K. (1999). Structural changes in intramuscular connective tissue during the fattening of Japanese black cattle: effect of marbling on beef tenderization. *Journal of animal science*, 77(1), 93-104.
- O'Sullivan, A., O'Sullivan, K., Galvin, K., Moloney, A., Troy, D. y Kerry, J. (2002). Grass silage versus maize silage effects on retail packaged beef quality. *Journal of animal science*, 80(6), 1556-1563.
- O'Grady, M. N., Maher, M., Troy, D. J., Moloney, A. P. y Kerry, J. P. (2006). An assessment of dietary supplementation with tea catechins and rosemary extract on the quality of fresh beef. *Meat Science*, 73(1), 132-143.
- Ou, S. y Kwok, K.-C. (2004). Ferulic acid: pharmaceutical functions, preparation and applications in foods. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 84(11), 1261-1269. doi: 10.1002/jsfa.1873
- Pérez Trueba, G. (2003). Los flavonoides: antioxidantes o prooxidantes. *Revista Cubana de Investigaciones Biomédicas*, 22(1), 0-0.
- Platt, J. P., Anderson, M. J. y Johnson, B. J. (2012). The effect of ferulic acid on myogenic regulators of growth in bovine satellite cells.: Texas Tech University.
- Pollorena, G. (2012). *Capacidad antioxidante y antimicrobiana de extractos de hojas de Agave angustifolia Haw y su efecto sobre la calidad de hamburguesas de res*. Maestría en Ciencias, Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, Hermosillo, México.
- Pringle, T. D., Calkins, C. R., Koohmaraie, M. y Jones, S. J. (1993). Effects over time of feeding a beta-adrenergic agonist to wether lambs on animal performance, muscle growth, endogenous muscle proteinase activities, and meat tenderness. *Journal of animal science*, 71(3), 636-644.

- Riley, D. G., Johnson, D. D., Chase Jr, C. C., West, R. L., Coleman, S. W., Olson, T. A. y Hammond, A. C. (2005). Factors influencing tenderness in steaks from Brahman cattle. *Meat Science*, 70(2), 347-356.
- Romero, M. (2011). *Efecto del clorhidrato de ractopamina en el comportamiento productivo y características de carne de ovinos en finalización*. Tesis de Doctorado, Colegio de postgraduados, México.
- Rousset-Akrim, S., Young, O. A. y Berdague, J. L. (1997). Diet and growth effects in panel assessment of sheepmeat odour and flavour. *Meat Science*, 45(2), 169-181.
- SAGARPA. (2006). *Situación actual y perspectiva de la producción de carne de bovino en México 2006*.
- Sánchez-Escalante, A., Torrescano, G., Djenane, D., Beltrán, J. A., Giménez, B. y Roncalés, P. (2011). Effect of antioxidants and lighting conditions on color and lipid stability of beef patties packaged in high-oxygen modified atmosphere Efecto de los antioxidantes y las condiciones de iluminación sobre el color y la estabilidad de los lípidos de hamburguesas de res envasadas en atmósfera modificada alta en oxígeno. *CyTA-Journal of Food*, 9(1), 49-57.
- Sánchez, D., Galindo, J., Ayala, C. M. y Assaf, M. A. (2011). Efecto del ácido ferúlico sobre el espesor de la grasa dorsal en cerdos. *Centro Universitario de Ciencias Biológicas de Guadalajara. F. E. S. MINKAB*.
- Sánchez Escalante, A., Torrescano Urrutia, G. R., Camou Arriola, J. P., González Méndez, N. F. y Hernández Watanabe, G. (2008). Sistemas combinados de conservación para prolongar la vida útil de la carne y los productos cárnicos. *Nacameh*, 2(2), 124-159.
- Sañudo, C. (2006). Calidad de la canal y de la carne en los ovinos. factores que la determinan. Factors affecting carcass and meat quality traits in lambs [Conference]. *Revista argentina de producción animal.*, 26(2).
- Scapagnini, G., Butterfield, D. A., Colombrina, C., Sultana, R., Pascale, A. y Calabrese, V. (2004). Ethyl ferulate, a lipophilic polyphenol, induces HO-1

- and protects rat neurons against oxidative stress. *Antioxidants & redox signaling*, 6(5), 811-818.
- Scollan, N., Hocquette, J.-F. o., Nuernberg, K., Dannenberger, D., Richardson, I. y Moloney, A. (2006). Innovations in beef production systems that enhance the nutritional and health value of beef lipids and their relationship with meat quality. *Meat Science*, 74(1), 17-33.
- Scheuermann, G. N., Cunha Junior, A., Cypriano, L. y Gabbi, A. M. (2009). Phytogenic additive as an alternative to growth promoters in broiler chickens. *Ciência Rural*, 39(2), 522-527.
- SEDESOL. (2012). *Monografía de carne de bovino*.
- Serna, P. (2012). *Impacto de la suplementación de ácido ferúlico sobre la calidad de la carne de bovinos comerciales*. Maestría en Ciencias Tesis de Maestría en Ciencias, Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, Hermosillo, México.
- Serrano, R., Jordán, M. J. y Bañón, S. (2014). Use of dietary rosemary extract in ewe and lamb to extend the shelf life of raw and cooked meat. *Small Ruminant Research*, 116(2), 144-152.
- Shackelford, S., Wheeler, T. y Koochmarai, M. (1997). Tenderness classification of beef: I. Evaluation of beef longissimus shear force at 1 or 2 days postmortem as a predictor of aged beef tenderness. *Journal of animal science*, 75(9), 2417-2422.
- SIAP. (2012). *Estadísticas del sector agroalimentario y pesquero*.
- Soberon, M., Cherney, D. y Cherney, J. (2012b). Free ferulic acid uptake in ram lambs. *Journal of animal science*, 90(6), 1885-1891.
- Soberon, M., Cherney, J., Liu, R., Ross, D. y Cherney, D. (2012a). Free ferulic acid uptake in lactating cows. *Journal of dairy science*, 95(11), 6563-6570.
- Solís, J. L. (2005). *Manual de prácticas. Tecnología de carnes*. Universidad Nacional del Centro de Perú.

- Stewart, M. R., Zipser, M. W. y Watts, B. M. (1965). The Use of Reflectance Spectrophotometry for the Assay of Raw Meat Pigments. *Journal of Food Science*, 30(3), 464-469. doi: 10.1111/j.1365-2621.1965.tb01787.x
- Strydom, P., Frylinck, L., Montgomery, J. y Smith, M. F. (2009). The comparison of three β -agonists for growth performance, carcass characteristics and meat quality of feedlot cattle. *Meat Science*, 81(3), 557-564.
- Stryer, L. (1996). *Bioquímica. Cap. 13. Cascada de transducción de Señales*. México, D. F.: Editorial Reverté.
- Sumano, L. H., Ocampo, C. L. y Gutiérrez, O. L. (2002). Clenbuterol y otros β -agonistas, ¿ una opción para la producción pecuaria o un riesgo para la salud pública?
- Sun, Y. y Cheng, J. (2002). Hydrolysis of lignocellulosic materials for ethanol production: a review. *Bioresource Technology*, 83(1), 1-11.
- Sutton, D. S., Ellis, M., Lan, Y., McKeith, F. K. y Wilson, E. R. (1997). Influence of slaughter weight stress gene genotype on the water holding capacity and protein gel characteristics of three porcine muscles. *Meat science*, 46, 173-180.
- Tapp lii, W. N., Yancey, J. W. S. y Apple, J. K. (2011). How is the instrumental color of meat measured? *Meat Science*, 89(1), 1-5.
- Trombino, S., Serini, S., Di Nicuolo, F., Celleno, L., Andó, S., Picci, N., . . . Palozza, P. (2004). Antioxidant effect of ferulic acid in isolated membranes and intact cells: synergistic interactions with alfa-tocopherol, beta-carotene, and ascorbic acid. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 52(8), 2411-2420.
- Vallejos, A., Zaragoza, J. C. y Parres, J. A. (2007). Intoxicación por clenbuterol”, Sistema Nacional de Vigilancia Epidemiológica. 18, 24.
- Valls, J. S., Prieto, E. B. y Martín, J. J. d. C. (1999). *Introducción al análisis sensorial de los alimentos* (Vol. 4): Edicions Universitat Barcelona.
- Warner, K. y Laszlo, J. A. (2005). Addition of ferulic acid, ethyl ferulate, and feruloylated monoacyl-and diacylglycerols to salad oils and frying oils. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 82(9), 647-652.

- Warriss, P. D. (2000). *Meat science: an introductory text*. U.S.A.: Cab International.
- Watson, R., Polkinghorne, R., Gee, A., Porter, M., Thompson, J. M., Ferguson, D., . . . McIntyre, B. (2008). Effect of hormonal growth promotants on palatability and carcass traits of various muscles from steer and heifer carcasses from a *Bos indicus* and *Bos taurus* composite cross. *Animal Production Science*, 48(11), 1415-1424.
- Wheeler, T. y Koochmaraie, M. (1992). Effects of the beta-adrenergic agonist L644, 969 on muscle protein turnover, endogenous proteinase activities, and meat tenderness in steers. *Journal of animal science*, 70(10), 3035-3043.
- Windisch, W., Schedle, K., Plitzner, C. y Kroismayr, A. (2008). Use of phytogetic products as feed additives for swine and poultry. *Journal of animal science*, 86(14 suppl), E140-E148.
- Wulf, D. y Wise, J. (1999). Measuring muscle color on beef carcasses using the L* a* b* color space. *Journal of animal science*, 77(9), 2418-2427.
- Yang, A., Lanari, M., Brewster, M. y Tume, R. (2002). Lipid stability and meat colour of beef from pasture-and grain-fed cattle with or without vitamin E supplement. *Meat Science*, 60(1), 41-50.
- Yang, W., Ametaj, B., Benchaar, C., He, L. y Beauchemin, K. (2010a). Cinnamaldehyde in feedlot cattle diets: Intake, growth performance, carcass characteristics, and blood metabolites. *Journal of animal science*, 88, 1082–1092.
- Yoshino, M., Ito, M., Haneda, M., Tsubouchi, R. y Murakami, K. (1999). Prooxidant action of aluminum ion—stimulation of iron-mediated lipid peroxidation by aluminum. *Biometals*, 12(3), 237-240.
- Young, O. A., Berdague, J. L., Viallon, C., Rousset-Akrim, S. y Theriez, M. (1997). Fat-borne volatiles and sheepmeat odour. *Meat Science*, 45(2), 183-200.

ANEXOS

ANÁLISIS SENSORIAL DE RIB EYE

Nombre: _____

Fecha: _____

INSTRUCCIONES: Marque con una X la escala que le asigne en cada una de las muestras de acuerdo a la intensidad de percepción. Pruebe galleta y consuma agua antes de probar cada una de ellas.

OLOR

0 |-----| 10
Extremadamente suave | Extremadamente intenso

SABOR

0 |-----| 10
Extremadamente insípido | Extremadamente sabroso

SENSACIÓN A GRASA

0 |-----| 10
Ninguna | Abundante

TERNEZA

0 |-----| 10
Extremadamente dura | Extremadamente blanda

JUGOSIDAD

0 |-----| 10
Extremadamente seca | Extremadamente jugosa

TEJIDO CONECTIVO

0 |-----| 10
Ninguna | Abundante

Observaciones y/o Comentarios _____

Gracias Por Su Participación

ANÁLISIS SENSORIAL DE RIB EYE

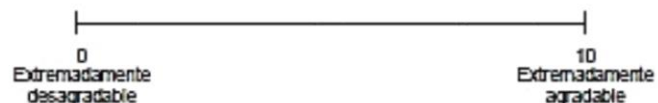
Nombre: _____ Fecha: _____

INSTRUCCIONES: Marque con una X la escala que le asigne en cada una de las muestras de acuerdo a la intensidad de percepción. Pruebe galleta y consuma agua antes de probar cada una de ellas.

COLOR

Oscuro Café rojizo Rojo rosado Rojo claro Rojo cereza

COLOR TOTAL



APARIENCIA TOTAL

Marmoleo _____ Grasa de cobertura _____ Tamaño del ojo _____

Observaciones y/o Comentarios _____

_____ Gracias Por Su Participación

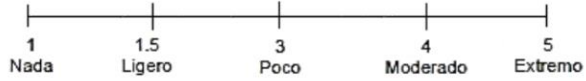
ANALISIS SENSORIAL DE RIB EYE

Nombre: _____

Fecha: _____

INSTRUCCIONES: Marque con una X la escala que le asigne en cada una de las muestras de acuerdo a la intensidad de percepción. Pruebe galleta y consuma agua antes de probar cada una de ellas.

Pérdida de OLOR a fresco



Pérdida de SABOR a fresco



Observaciones y/o Comentarios _____

Gracias Por Su Participación

ANALISIS SENSORIAL DE RIB EYE

Nombre: _____

Fecha: _____

INSTRUCCIONES: Marque con una X de acuerdo a la calificación que le otorgue.

Color

Rojo cereza _____
Rojo rosado _____
Rojo claro _____
Café rojizo _____
Oscuro _____

Decoloración

1: Nada _____
2: 1-10% _____
3: 11-20% _____
4: 21-60% _____
5: 61-100% _____

Observaciones y/o Comentarios _____

Gracias Por Su Participación