



**COLEGIO DE POSTGRADUADOS**  
**INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS**  
**AGRÍCOLAS**

**CAMPUS MONTECILLO**

**POSTGRADO EN RECURSOS GENÉTICOS Y PRODUCTIVIDAD**  
**GANADERÍA**

**EFFECTO DE GENOTIPO, ALIMENTO Y**  
**TIEMPO DE REFRIGERACION, EN LA ACTIVIDAD**  
**ANTIOXIDANTE Y ESTABILIDAD OXIDATIVA**  
**DE LOMO CRUDO DE CONEJO**

**SERGIO RAÚL VELÁZQUEZ RODRÍGUEZ**

**T E S I S**

**PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL**  
**PARA OBTENER EL GRADO DE:**

**MAESTRO EN CIENCIAS**

**MONTECILLO, TEXCOCO, EDO. DE MÉXICO**

**2013**

**EFFECTO DE GENOTIPO, ALIMENTO Y TIEMPO DE REFRIGERACION, EN LA  
ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE Y ESTABILIDAD OXIDATIVA DE LOMO CRUDO DE  
CONEJO**

La presente tesis titulada: **Efecto de genotipo, alimento y tiempo de refrigeración, en la actividad antioxidante y estabilidad oxidativa de lomo crudo de conejo** realizada por el alumno: **Sergio Raúl Velázquez Rodríguez** bajo la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

**MAESTRO EN CIENCIAS**  
**RECURSOS GENÉTICOS Y PRODUCTIVIDAD**  
**GANADERÍA**

CONSEJO PARTICULAR

Consejero



---

Dr. Arturo Pro Martínez

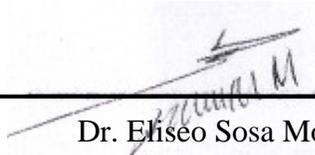
Asesor



---

Dr. Carlos Narciso Gaytán

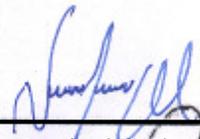
Asesor



---

Dr. Eliseo Sosa Montes

Asesor



---

MC. Jesús Ruvisel Suárez López

Montecillo, Texcoco, Estado de México, Julio 2013

## RESUMEN

### EFFECTO DE GENOTIPO, ALIMENTO Y TIEMPO DE REFRIGERACION, EN LA ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE Y ESTABILIDAD OXIDATIVA DE LOMO CRUDO DE CONEJO

Sergio Raúl Velázquez Rodríguez, M. C.

Colegio de Postgraduados, 2013

Se evaluó la actividad antioxidante (AA) de cuatro alimentos comerciales (1, 2, 3 y 4) en la actividad antioxidante y estabilidad oxidativa (EO) de lomo crudo (*Longissimus dorsi*) de conejos de tres genotipos (Nueva Zelanda, NZ, California, CAL y NZ\*CAL) a tres tiempos de refrigeración (0, 3, y 6 días). La AA de todos los alimentos disminuyó a los 30 días de almacenamiento; sin embargo, el alimento 1 presentó mayor cantidad de antioxidantes ( $p < 0.05$ ). Con todos los genotipos y alimentos, la AA del lomo crudo disminuyó al día 6 de refrigeración. El genotipo NZ\*CAL presentó mayor AA con el alimento 1 ( $p < 0.05$ ) y menor con el alimento 3 con respecto al genotipo NZ. Todos los genotipos presentaron un incremento de la oxidación lipídica a partir del día 3 de refrigeración ( $p < 0.05$ ) y la EO mejoró al aumentar la cantidad de antioxidantes. La cruce NZ\*CAL presentó mejor EO cuando recibió el alimento 1 y fue peor cuando recibió el alimento 3. La EO de NZ mejoró cuando recibió el alimento 3 y empeoró cuando recibió el alimento 1, con respecto a NZ\*CAL. El genotipo NZ presentó mayor susceptibilidad a la oxidación con el alimento 4 durante todo el periodo de refrigeración ( $p < 0.05$ ). Adicionalmente, la EO del lomo crudo disminuyó al transcurrir el tiempo de refrigeración ( $p < 0.05$ ). Se sugiere alimentar a NZ\*CAL con alimentos con más de 85 % de AA y no refrigerar más de 6 días para prevenir el aumento de la oxidación lipídica.

**Palabras clave:** Nutrición. Calidad de carne. Oxidación lipídica. Carne de conejo. Vida de anaquel

## ABSTRACT

### EFFECT OF GENOTYPE, FEED AND REFRIGERATION TIME, ON THE ANTIOXIDANT ACTIVITY AND OXIDATIVE STABILITY OF RAW LOIN OF RABBIT

Sergio Raúl Velázquez Rodríguez, MC.

Colegio de Postgraduados, 2013

The antioxidant activity (AA) was evaluated of four commercial feed (1, 2, 3 and 4) on antioxidant activity and oxidative stability (EO) of raw loin (*Longissimus dorsi*) of rabbits of three genotypes (New Zealand, NZ, California, CAL, and NZ \* CAL) to three refrigeration times (0, 3, 6 days). The AA of all feeds decreased to 30 days of storage. However, the 1 feed presented greater antioxidants amount ( $p < 0.05$ ). With food and all the genotypes, the AA of the raw loin declined to day 6 of cooling. The NZ\*CAL genotype presented higher AA with feed 1 ( $p < 0.05$ ) and less with 3 feed with respect to genotype NZ. All genotypes had an increase in lipid oxidation from day 3 of refrigeration ( $p < 0.05$ ) and the EO improved by increasing the amount of antioxidants. The NZ\*CAL croos presented best EO when it received 1 feed and was worse when he received 3 feed. The EO of NZ improved when received 3 feed and worsened when he received the food 1 with respect to NZ\*CAL. The NZ genotype presented higher susceptibility to oxidation with 4 feed during the entire cooling period ( $p < 0.05$ ). In addition, the EO of the raw loin decreased at the time of refrigeration ( $p < 0.05$ ). Suggested feeding NZ\*CALwhit feeds with more than 85% of AA and not refrigerate more than 6 days to prevent the increase of lipid oxidation.

**Keywords:** Nutrition. Meat quality. Lipid oxidation. Rabbit meat. Shelf life

## **DEDICATORIA**

A mis padres: Verónica Rodríguez Martínez y Jorge Velázquez García, por el amor y la confianza que han depositado en mí, por haberme dado las herramientas necesarias para superar los obstáculos y por seguir haciendo de mi persona, alguien en la vida. Ustedes son la base de mis logros, son lo mejor que Dios me ha prestado y los amo. Sin ustedes difícilmente hubiera llegado hasta este punto. Sin lugar a dudas, este logro les pertenece.

A mi querido hermano: Jorge Arturo Velázquez Rodríguez, por el amor que me tienes y por seguirme enseñando físicamente que superar algo, puede ser muy difícil, pero que al final de cuentas es muy satisfactorio. Por el simple hecho de existir, de ser mi hermano y por el extraordinario hecho de vivir, superar problemas y enfermedades, gracias hermano, también te amo.

A mi abuelo: Abdón Rodríguez Frutero, por ser otro ejemplo de tenacidad, fuerza y convicción, por no dejarte vencer a pesar de las adversidades, gracias por el ejemplo, te quiero mucho.

A Citlali Lemus Valencia, por todo el apoyo incondicional que me has brindado, por el amor que me tienes, por estar junto a mí y ser parte de mis alegrías, eres única, te amo.

A la Sra. Gloria Valencia Jiménez por ser parte de este proceso y por el apoyo que me ha brindado.

## **AGRADECIMIENTOS**

A Dios por darme salud, fuerza, paciencia e inteligencia para concluir la maestría.

Al Colegio de Postgraduados, por brindarme la oportunidad de desarrollar mi trabajo de investigación y concluir la maestría.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por el apoyo económico para mis estudios de postgrado.

Al Dr. Arturo Pro Martínez, por haberme aceptado para realizar esta tesis bajo su dirección. Por ser un excelente consejero y haberme brindado su tiempo, conocimiento y amistad.

A los doctores Eliseo Sosa Montes, Carlos Narciso Gaytán y Fidel Avila Ramos por sus valiosas enseñanzas e infinita paciencia para la culminación de la presente investigación.

A la Dra. Aleida Hernández Cázares, a la Dra. Martha Elva Ramírez García y al M. C. Jesús Ruvisel Suárez López por sus comentarios y sugerencias en el desarrollo de la investigación.

Al Lic. Javier Lemus Valencia por su apoyo en el examen TOEFL.

## Contenido

<b>1. INTRODUCCIÓN</b> .....	1
<b>2. REVISIÓN DE LITERATURA</b> .....	2
<b>2.1. Producción de carne de conejo</b> .....	2
<b>2.2. Calidad de la carne de conejo</b> .....	2
<b>2.3. Producción de alimento balanceado</b> .....	3
<b>2.4. Oxidación lipídica</b> .....	3
<b>2.5. Proceso oxidativo en carne de conejo</b> .....	5
<b>2.6. Antioxidantes</b> .....	5
<b>2.6.1. Antioxidantes primarios</b> .....	6
<b>2.6.2. Antioxidantes secundarios</b> .....	7
<b>2.7. Medición de la actividad antioxidante</b> .....	7
<b>2.8. Medición de la oxidación lipídica</b> .....	8
<b>3. OBJETIVOS</b> .....	9
<b>3.1. Objetivo general</b> .....	9
<b>3.2. Objetivo particular</b> .....	9
<b>4. HIPÓTESIS</b> .....	9
<b>5. MATERIALES Y MÉTODOS</b> .....	10
<b>5.1. Localización</b> .....	10
<b>5.2. Animales y dieta</b> .....	10
<b>5.3. Actividad Antioxidante de los alimentos</b> .....	10
<b>5.4. Preparación de la muestra de carne</b> .....	11
<b>5.5. Actividad antioxidante de la carne</b> .....	11
<b>5.6. Medición de la estabilidad oxidativa de la carne</b> .....	11
<b>5.7. Análisis estadístico</b> .....	12
<b>6. RESULTADOS</b> .....	14
<b>6.1. Actividad antioxidante de los alimentos</b> .....	14
<b>6.2. Estabilidad oxidativa en lomo crudo de conejo</b> .....	18
<b>6.3. Correlación entre actividad antioxidante y estabilidad oxidativa en lomo crudo de conejo</b> .....	18
<b>7. DISCUSIÓN</b> .....	20

7.1. <i>Actividad antioxidante de los alimentos</i> .....	20
7.2. <i>Actividad antioxidante en lomo crudo de conejo</i> .....	21
7.3. <i>Estabilidad oxidativa en lomo crudo de conejo</i> .....	22
<b>8. CONCLUSIONES</b> .....	22
<b>9. BIBLIOGRAFÍA</b> .....	23
<b>10. ANEXOS</b> .....	27
10.1. <i>Análisis estadísticos</i> .....	27
10.2. <i>Comparación múltiple del alimento</i> .....	39

## LISTA DE CUADROS

Cuadro 1. Producción de carne de diferentes especies en México 2011. ....	2
Cuadro 2. Actividad antioxidante de alimentos comerciales para conejos (% de inhibición del DPPH).....	13
Cuadro 3. Promedios de actividad antioxidante expresados como porcentaje de inhibición de DPPH (2,2- difenil-1-picrilhidrazil), por día de refrigeración, alimento y genotipo en lomo crudo de conejo.....	16

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Reacción de DPPH y un antioxidante (AH).....	7
Figura 2. Reacción de MDA y TBA.....	8
Figura 3. Actividad antioxidante a diferentes días de refrigeración de lomo crudo de conejo con cuatro marcas de alimentos (% de inhibición del DPPH).....	15
Figura 4. Estabilidad oxidativa a diferentes días de refrigeración de lomo crudo de conejo con cuatro marcas de alimentos (mg MDA kg <sup>-1</sup> de carne).....	17
Figura 5. Correlación entre actividad antioxidante y estabilidad oxidativa del lomo crudo de conejo.....	18
Figura 6. Comportamiento de la actividad antioxidante y de estabilidad oxidativa a través del tiempo.....	18

## 1. INTRODUCCIÓN

La carne de conejo se considera como una carne de elevado valor nutrimental por su alto contenido de proteína y baja cantidad de grasa, sodio y colesterol (Combes *et al.*, 2004; Dalle Zotte, 2002). La composición del alimento influye en las características y calidad de la canal de diferentes especies (Tufarelli *et al.*, 2010; Suarez-López, 2009); asimismo la raza, el sexo (Hernández *et al.*, 2003), el manejo ante y post-mortem y el procesamiento de la carne (Northcutt, 2004). El alimento puede modificar la ganancia de peso, la calidad de la canal, de la carne y de la composición de ácidos grasos en los diferentes tejidos del conejo, como incrementar los ácidos grasos insaturados (Bianchi *et al.*, 2006; Corino *et al.*, 2007; Kouba *et al.*, 2008). Las diferentes fuentes de grasa adicionadas al alimento también pueden influir en estas modificaciones (Xicato, 2010). La carne con mayor cantidad de ácidos grasos insaturados es más susceptible al proceso de peroxidación (Erickson, 2007) produciendo radicales libres y aldehídos potencialmente tóxicos para la salud humana (Fellenberg y Speisky, 2006), éstos reducen la vida de anaquel y deterioran la carne produciendo rancidez, cambio de color, olor y sabor (Shahidi *et al.*, 2002).

Se ha evaluado la estabilidad oxidativa de la carne de conejo, utilizando diferentes niveles de suplementación de antioxidantes, ya sean sintéticos o naturales (Liu *et al.*, 2009; Selim *et al.*, 2008; Botsoglou *et al.*, 2004; López-Bote *et al.*, 1997). La inclusión de antioxidantes en la dieta inhibe la producción de radicales libres y mejora la estabilidad oxidativa de la carne (Castellini *et al.*, 1998; Corino *et al.*, 2002, 2007; Selim *et al.*, 2008). Sin embargo, poco se conoce de la actividad antioxidante de los alimentos comerciales para conejos y su efecto en la estabilidad oxidativa de la carne de esta especie. Por tal motivo, el presente estudio tuvo como finalidad evaluar la actividad antioxidante de cuatro alimentos comerciales para conejos de engorda en tres genotipos y tres tiempos de refrigeración en la estabilidad oxidativa de la carne de conejo.

## 2. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1. Producción de carne de conejo

En el año 2011 la producción de carne de conejo en Europa fue de 38.89 % seguido de Asia con 36.32 %, América con 19.29 % y África con 5.51 % de la producción mundial (FAO, 2012). China ocupa el primer lugar en producción de carne de conejo (685 mil t), seguida de Venezuela (270 mil t) e Italia (255 mil t). En México la producción de carne de conejo en el 2011 fue de 4500 t (FAO, 2012), inferior a la producción de carne de las demás especies (Cuadro 1); sin embargo, ha incrementado en los últimos 4 años. En adición, Becerril-Pérez, (2006) estimó la producción cunícola nacional del orden del 0.4 % de la producción animal del país.

<b>Especie</b>	<b>Producción (t)</b>
<b>Bovino</b>	1,803,932
<b>Porcino</b>	1,201,998
<b>Ovino</b>	56,546
<b>Caprino</b>	43,839
<b>Ave</b>	2,765,020
<b>Guajolote</b>	21,109
<b>Conejo</b>	4,500

**Cuadro 1.** Producción de carne de diferentes especies en México 2011.  
Fuente SIAP/SAGARPA (2011)

### 2.2. Calidad de la carne de conejo

La carne de conejo tiene un alto valor nutricional y muy poca grasa, cada 100 g de carne de lomo contiene 74.6 g de agua, 22.4 g de proteína, 144 kcal y 1.8 g de lípidos (Dalle Zote *et.al.*, 2011). Tiene un alto contenido de ácidos grasos poliinsaturados (AGPI) y un bajo contenido de colesterol comparado con otras especies. Incluso, por tales características ha sido considerada en

dietas para prevenir enfermedades cardiovasculares y disminuir la cantidad de colesterol en humanos (Perez-Jimenez *et al.*, 2006; Vidal, 2005).

### **2.3. Producción de alimento balanceado**

México ocupa el sexto lugar a nivel mundial en producción de alimentos balanceados con 28.3 millones de toneladas; sin embargo, menos del 3.4 % corresponde a la producción de alimento balanceado para conejos (SIAP, 2011).

Los cunicultores comerciales utilizan casi exclusivamente alimento granulado (pelletizado); ya que, facilita el manejo alimenticio de los conejos y la digestibilidad del alimento (Acedo-Rico *et al.*, 2010). La alimentación del conejo representa el 70 % de los costos totales de producción (Mateos *et al.*, 1993) y es indispensable proporcionarle alimento de buena calidad como un factor clave de rentabilidad.

Todos los alimentos que son formulados para conejos presentan un alto contenido de fibra cuya finalidad es mejorar la motilidad del tracto intestinal (Mateos *et al.*, 1993); sin embargo, al aumentar la fibra, disminuye el nivel de energía en el alimento, lo que hace necesario adicionar grasa para balancear el nivel energético (Xicato, 2010) y por lo tanto antioxidantes para mantener la calidad del alimento.

Los antioxidantes más empleados como aditivos en los alimentos balanceados para conejos son: el butilhidroxitolueno (BHT), el butilhidroxianisol (BHA) y etoxiquina (Mateos *et al.*, 1993), los tres pertenecen al grupo de los antioxidantes sintéticos (Reische *et al.*, 2007).

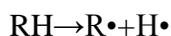
### **2.4. Oxidación lipídica**

La oxidación lipídica es uno de los procesos responsables de la degradación de los ácidos grasos y el deterioro de la calidad de la carne durante el almacenamiento. El proceso de oxidación lipídica se lleva a cabo en la fracción intracelular de los fosfolípidos de la membrana y está asociado con la presencia de radicales libres que conducen a la producción de aldehídos que cambian el sabor, color, textura, y el valor nutritivo de la carne. La oxidación de los ácidos grasos es un mecanismo caracterizado por tres reacciones principales que se producen entre los

lípidos insaturados y el oxígeno atmosférico; por lo general, se aceleran por la presencia de metales, luz y calor (Kiokias *et al.*, 2010). Las tres reacciones se describen a continuación:

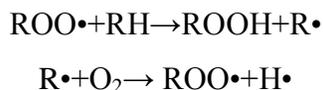
Iniciación:

Ocurre cuando un hidrógeno  $\alpha$ -metilénico es removido de un ácido graso insaturado para formar un radical libre del ácido graso (alquilo), este reacciona con oxígeno para formar un radical libre oxidado (peróxido) en la reacción de propagación



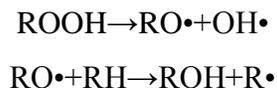
Propagación:

Durante la propagación los radicales peróxido reaccionan con ácidos grasos insaturados para formar hidroperóxidos y un nuevo radical libre inestable, este radical libre de ácido graso reaccionará con oxígeno para producir otro radical peróxido, resultando en una reacción en cadena.



Terminación:

Los hidroperóxidos son inestables y pueden degradarse para producir más radicales libres que aceleran aún más las reacciones de propagación. Estas reacciones son típicamente referidas como de ramificación.



## **2.5. Proceso oxidativo en carne de conejo**

Después de la muerte del animal, toda la circulación cesa y ocurren rápidamente importantes cambios en el tejido muscular. Los principales cambios son atribuibles a una falta de oxígeno (condiciones anaeróbicas) y la acumulación de ciertos productos de desecho, especialmente lactato y un bajo pH. En poco tiempo, el sistema mitocondrial deja de funcionar en todas las células, debido al agotamiento del oxígeno interno. Sin embargo, la glucólisis anaeróbica continúa para regenerar ATP y lactato, pero con el tiempo la disminución del pH causada por la presencia de lactato interrumpe la actividad glucolítica (Erickson, 2007).

Cuando el ATP se agota, comienza el *rigor mortis* donde la actina y la miosina permanecen en un estado contraído como resultado de la ausencia de ATP.

Una respuesta más importante con respecto a la oxidación de lípidos es la incapacidad de las membranas celulares para mantener su integridad. Por consiguiente, las enzimas lisosomales, tales como fosfolipasas y lipasas, pueden liberarse, lo que aumenta, a su vez, la susceptibilidad de los lípidos para oxidarse (Erickson, 2007).

Por otra parte a mayor cantidad de ácidos grasos polinsaturados en las membranas celulares de la carne de conejo hay menor estabilidad oxidativa, debido al número de dobles enlaces. Además, la cantidad de ácidos grasos polinsaturados de la carne de conejo puede variar y ser afectada por el tipo de alimentación (Dal Bosco et al., 2004; Bianchi et al., 2006; Kouba et al., 2008), lo que hace necesario protegerlos con antioxidantes.

Castellini et al., (1998) y Corino et al., (2002, 2007) confirman que el proceso oxidativo de la carne de conejo disminuye cuando se adicionan antioxidantes a la carne por medio de la alimentación.

## **2.6. Antioxidantes**

Los antioxidantes se definen como compuestos que protegen a los sistemas biológicos contra los efectos nocivos de los procesos o reacciones que causan la oxidación (Decker *et al.*, 2007).

Pueden inhibir el proceso oxidativo causado por el deterioro de los lípidos, mejoran la calidad y prolongan la vida de anaquel de los productos alimenticios (Kiokias *et al.*, 2010).

Los antioxidantes para su uso en los alimentos deben cumplir con los siguientes criterios:

- Económicos.
- No tóxicos.
- Efectivos a bajas concentraciones.
- Alta estabilidad y capacidad para resistir procesamientos.
- No tener olor, sabor ni color.
- Fáciles de incorporar y buena solubilidad en el producto.

Los antioxidantes pueden clasificarse de acuerdo a su mecanismo de acción como antioxidantes primarios y secundarios (Reische *et al.*, 2007).

### **2.6.1. Antioxidantes primarios**

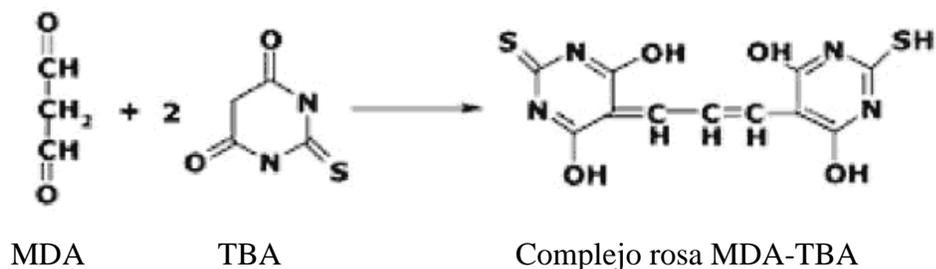
Los antioxidantes primarios son mono o poli hidroxifenoles aceptores de radicales libres que retrasan o inhiben el inicio de la autooxidación e interrumpen la fase de propagación (Reische *et al.*, 2007). Su potencia está determinada por diferentes factores incluyendo la reactividad química del antioxidante hacia el radical libre, la movilidad y concentración del antioxidante en el microambiente y la interacción con otros antioxidantes (Kiokias *et al.*, 2010).

Los antioxidantes primarios más comúnmente utilizados en la industria de alimentos son de compuestos sintéticos como butilhidroxitolueno (BHT), butilhidroxianisol (BHA), propil galato (PG), etoxiquina (EQ) y ter butil-hidroquinona (TBHQ), o pueden ser naturales como el tocoferol y los carotenoides, aunque este último tiene mecanismos diferentes de acción a los fenólicos (Decker *et al.*, 2007; Kiokias *et al.*, 2010).



## 2.8. Medición de la oxidación lipídica

Hay varios métodos para medir la oxidación lipídica de los alimentos. Los cambios en las propiedades químicas, físicas u organolépticas pueden ser monitoreados. Los métodos utilizados detectan productos primarios y secundarios del proceso oxidativo. Para determinar la oxidación primaria se cuentan los peróxidos de la muestra o la pérdida de ácidos grasos insaturados. Para estimar la oxidación secundaria, se miden los grupos carbonilos o el dialdehído malónico, con la prueba del 2-ácido tiobarbitúrico (TBA), el valor de TBA se expresa en miligramos de dialdehído malónico (MDA) por kilogramo de muestra o como micromoles de MDA por gramo de muestra (Sahidi y Wanasundara, 2007). El MDA es relativamente un producto menor de la oxidación de los ácidos grasos polinsaturados que reaccionan con el TBA para producir un complejo rosa con una absorbancia máxima de 530-532nm (Figura 2). El método se basa en la reacción de una molécula de malondialdehído con dos moléculas de TBA en un medio ácido a temperatura elevada (Kiokias *et al.*, 2010).



**Figura 2.** Reacción de MDA y TBA; adaptado de Kiokias *et al.*, 2010.

### **3. OBJETIVOS**

#### **3.1.Objetivo general**

Evaluar la actividad antioxidante y la estabilidad oxidativa del lomo crudo de conejo

#### **3.2.Objetivo particular**

Evaluar el efecto de genotipo, alimentación y tiempo de refrigeración en la actividad antioxidante y estabilidad oxidativa del lomo crudo de conejo.

### **4. HIPÓTESIS**

La actividad antioxidante y estabilidad oxidativa de la carne de lomo crudo de conejo se ven afectadas por el genotipo, el tiempo de refrigeración y la cantidad de antioxidantes que contiene el alimento consumido por los conejos.

## **5. MATERIALES Y MÉTODOS**

### **5.1. Localización**

El estudio se llevó a cabo en el Colegio de Postgraduados a 19° 29' N, 98° 53' O y 2250 msnm; el clima de la zona es C(w) templado subhúmedo con lluvias en verano. La precipitación y temperatura media anual son 710 mm y 15.9 °C respectivamente, con periodo de heladas frecuentes de noviembre a enero y vientos que alcanzan velocidades de 7 m/s en la época seca (García, 1988).

### **5.2. Animales y dieta**

Se evaluó la actividad antioxidante (AA) de cuatro alimentos comerciales (1, 2, 3 y 4) en la actividad antioxidante y estabilidad oxidativa (EO) de lomo crudo (*Longissimus dorsi*) de conejos de tres genotipos (Nueva-Zelanda, NZ, California, CAL, y NZ\*CAL) a tres tiempos de refrigeración (0, 3, 6 días). Se evaluaron 12 tratamientos con 20 conejos de 30 días de edad cada uno, los cuales fueron criados hasta los 69 días de edad. Para la parte correspondiente a la evaluación de la carne se tomaron 10 unidades experimentales por tratamiento. Los animales, se alojaron en una caseta con jaulas provistas de bebederos automáticos tipo chupón, comederos de tolva y se medicaron con una dosis preventiva de oxitetraciclina al inicio del experimento.

### **5.3. Actividad Antioxidante de los alimentos**

Los alimentos estuvieron almacenados durante 0, 15 y 30 días a temperatura ambiente, se homogenizó una muestra de cada uno de ellos y se midió su actividad antioxidante por medio de la actividad captadora de radicales de 2,2-difenil-1-picrilhidrazil (DPPH) siguiendo el método de Brand-Williams et al., (1995). Se trituró una muestra representativa de cada uno de los alimentos a los 0, 15 y 30 días de almacenamiento en una licuadora (Osterizer), se tamizó y se homogenizó; 0.5 g de alimento tamizado, se mezcló con 5 cm<sup>3</sup> de metanol (CH<sub>3</sub>OH, Sigma Aldrich), se dejó reposar durante 30 min a 30 °C en baño maría y se agitó con un vortex cada 10 min. El extracto metanólico se filtró en papel Whatman No. 4, se tomó un 1 cm<sup>3</sup> del extracto y se le adicionó 3 cm<sup>3</sup> de DPPH (0.0042 g de DPPH, Sigma Aldrich) + 100 cm<sup>3</sup> de CH<sub>3</sub>OH) y se agitó vigorosamente durante 10 segundos. El extracto se dejó reposar a temperatura ambiente en un lugar oscuro por 20 min, a continuación se centrifugó a 2000 r.p.m. durante 10 min.

Finalmente, se tomó la lectura del sobrenadante en un espectrofotómetro (Thermo Scientific, modelo 10S VIS) a 515 nm. La cantidad de antioxidantes de cada uno de los alimentos se calculó con siguiente ecuación: % de inhibición del DPPH=[(absorbancia del DPPH – absorbancia de la muestra)/absorbancia del DPPH] x 100.

A mayor disminución de la absorbancia, mayor porcentaje de inhibición del DPPH, mayor actividad antioxidante, y mayor cantidad de antioxidantes en la muestra.

#### **5.4.Preparación de la muestra de carne**

Al final del periodo de engorda (69 días de edad) 10 animales de cada tratamiento se sacrificaron según la NOM-033-ZOO-1995. Las canales se identificaron y almacenaron en refrigeración a 4 °C por 24 horas. El músculo Longissimus dorsi se removió de cada una de las canales, se empacó al vacío y se almacenó a -20 °C hasta su análisis. Después de 30 días de congelación las muestras de carne de lomo se trituraron por separado en un molino Torrey con cedazo fino (1/8 pulgadas) y se elaboraron hamburguesas de 85 g para la medición de la actividad antioxidante (DPPH) y la concentración de dialdehído malónico (MDA) en muestras crudas, sometidas a 0, 3 y 6 días de refrigeración a 4 °C. La carne se almacenó en platos de poliestireno envueltas en bolsas de nylon para evitar la deshidratación de las muestras.

#### **5.5.Actividad antioxidante de la carne**

La actividad antioxidante de la carne cruda del lomo de conejo se evaluó en una muestra de 5 g de forma similar a como se determinó en los alimentos según el método de Brand-Williams et al. (1995). La cantidad de antioxidantes de la carne se expresó en % de inhibición del DPPH.

#### **5.6.Medición de la estabilidad oxidativa de la carne**

La concentración de dialdehído malónico (MDA) se determinó en base a la técnica de TBARS (substancias reactivas al ácido Tiobarbitúrico, por sus siglas en inglés), para estimar el grado de oxidación lipídica (Buege y Aust, 1978). Una muestra de 10 g de carne molida cruda del lomo de conejo se mezcló por separado con 30 cm<sup>3</sup> de agua grado HPLC y 0.2 cm<sup>3</sup> de butilhidroxitolueno (BHT) al 7.2 % m/v (0.7212 g BHT + 10 cm<sup>3</sup> CH<sub>3</sub>OH). La mezcla se homogenizó en una licuadora y se dejó reposar por 15 min en un lugar oscuro a temperatura ambiente. Posteriormente, se tomó 1 cm<sup>3</sup> de la mezcla homogenizada y se le adicionó 2 cm<sup>3</sup> de ácido

tiobarbitúrico (TBA) 0.02 M con ácido tricloroacético (TCA) (0.1154 g de TBA + 40 cm<sup>3</sup> de TCA al 15%=15 cm<sup>3</sup> de TCA puro aforados a 100 cm<sup>3</sup> de H<sub>2</sub>O grado HPLC). El extracto se agitó con un vortex durante 10 s y se dejó incubar en agua caliente (80 °C) durante 10 min, se dejó enfriar y se centrifugó a 2000 r.p.m durante 10 min. La lectura del sobrenadante se obtuvo en el espectrofotómetro (Thermo Scientific, modelo 10S VIS) a 530 nm. Los datos se expresaron en mg de MDA por kilogramo de carne fresca. A menor concentración de MDA, mayor estabilidad oxidativa de la carne.

### 5.7. Análisis estadístico

Los datos se analizaron utilizando el programa estadístico SAS 9.1 (2003) y SPSS v.20. Se utilizó un modelo lineal general con arreglo factorial 4\*3\*3, donde los factores A, fueron cuatro alimentos (1, 2, 3 y 4), B, tres genotipo (NZ, CAL y NZ\*CAL) y C, tres tiempos de refrigeración (0, 3 y 6 días).

$$Y_{ijk} = \mu + A_i + B_j + C_k + (A*B)_{ij} + (A*C)_{ik} + (B*C)_{jk} + (A*B*C)_{ijk} + \epsilon_{ijk}$$

Donde:

$Y_{ijk}$ =variable de respuesta en carne de conejo proveniente del i-ésimo alimento, j-ésimo genotipo y k-ésimo día de refrigeración.

$\mu$ =promedio de todas los datos de cada variable.

$A_i$ = Efecto del i-ésimo alimento  $i= 1, 2, 3, 4$ .

$B_j$ = Efecto del j-ésimo genotipo  $j=1, 2, 3$ .

$C_k$ = Efecto del k-ésimo día de refrigeración  $k= 1, 2, 3$ .

$(A*B)_{ij}$ = Efecto de la interacción del i-ésimo alimento con el j-ésimo genotipo.

$(A*C)_{ik}$ = Efecto de la interacción del i-ésimo alimento con el k-ésimo día.

$(B*C)_{jk}$ = Efecto de la interacción del j-ésimo genotipo con el k-ésimo día.

$(A*B*C)_{ijk}$ = Efecto de la interacción del i-ésimo alimento con el j-ésimo genotipo y el k-ésimo día de refrigeración.

$\epsilon_{ijk}$ = Error aleatorio del i-ésimo alimento con el j-ésimo genotipo en el k-ésimo día  $\sim$ NID (0,  $\sigma^2$ ).

Para el análisis de la actividad antioxidante de los alimentos se utilizó un modelo lineal general con arreglo factorial 4\*3 donde los factores fueron A, cuatro alimentos (1, 2, 3 y 4), B tres tiempos de refrigeración (0, 3 y 6 días).

$$Y_{ijk} = \mu + A_i + B_j + (A*B)_{ij} + \epsilon_{ijk}$$

Donde:

$Y_{ijk}$ =variable de respuesta en actividad antioxidante proveniente del i-ésimo alimento, j-ésimo día de almacenamiento.

$\mu$ =promedio de todas los datos de cada variable.

$A_i$ = Efecto del i-ésimo alimento  $i= 1, 2, 3, 4$ .

$B_j$ = Efecto del j-ésimo día de almacenamiento  $j=1, 2, 3$ .

$(A*B)_{ij}$ = Efecto de la interacción del i-ésimo alimento con el j-ésimo día de almacenamiento.

Para los efectos principales se utilizó la prueba de comparación de Tukey ( $p < 0.05$ ).

## 6. RESULTADOS

### 6.1. Actividad antioxidante de los alimentos

En el cuadro 2 se presentan los resultados de la actividad antioxidante de alimentos comerciales para conejo. El alimento 1 mostró el mayor porcentaje de actividad antioxidante al día 0 y 30 de almacenamiento, al día 15 mostró un comportamiento similar ( $p>0.05$ ) a los demás alimentos. Todos los alimentos presentaron menor actividad antioxidante al día 30 de almacenamiento cuando se compararon con el día 0. La media de la actividad antioxidante del alimento 1 en % de inhibición del DPPH fue superior a los otros tres alimentos ( $p\leq 0.05$ ).

Cuadro 2. Actividad antioxidante de alimentos comerciales para conejos (% de inhibición del DPPH).

Alimento	Tiempo de almacenamiento (días)			
	0	15	30	X
1	88.33±1.5 <sup>a</sup>	84.71±2.7 <sup>b</sup>	84.79±1.2 <sup>b</sup>	<b>85.94±2.5<sup>X</sup></b>
2	85.26±1.2 <sup>b</sup>	84.49±0.6 <sup>b</sup>	79.56± 2.2 <sup>d</sup>	<b>83.10±2.9<sup>Y</sup></b>
3	83.63±1.3 <sup>bc</sup>	82.36± 2.1 <sup>bcd</sup>	80.16± 2.7 <sup>d</sup>	<b>82.05±2.5<sup>Y</sup></b>
4	84.68±1.0 <sup>b</sup>	83.23±1.5 <sup>abc</sup>	81.23±2.0 <sup>cd</sup>	<b>83.05±2.1<sup>Y</sup></b>
<b>X</b>	<b>85.48±2.1<sup>A</sup></b>	<b>83.70±2.0<sup>B</sup></b>	<b>81.44±2.9<sup>C</sup></b>	
<b>PROBABILIDAD</b>				
<b>DIA</b>	<0.01	<0.01	<0.01	
<b>ALI</b>	<0.01	<0.01	<0.01	
<b>DIA*ALI</b>	0.011	0.011	0.011	

<sup>a, b, c, d</sup> Letras minúsculas distintas entre sí son estadísticamente diferentes ( $p<0.05$ )

<sup>A, B, C</sup> Letras mayúsculas distintas en la misma hilera son estadísticamente diferentes ( $p<0.05$ )

<sup>X, Y</sup> Letras mayúsculas distintas en la misma columna son estadísticamente diferentes ( $p<0.05$ )

## 6.2. Actividad antioxidante en lomo crudo de conejo

Todos los genotipos con todos los alimentos mostraron una disminución de la actividad antioxidante ( $p < 0.05$ ) al día 6 de refrigeración (Figura 3). La variabilidad de la AA del lomo crudo entre genotipos fue mayor con el alimento 1 y menor con el alimento 4.

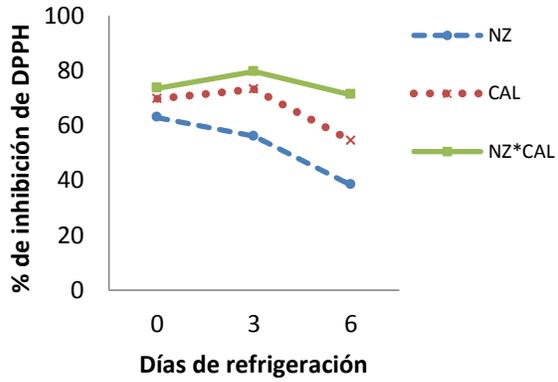
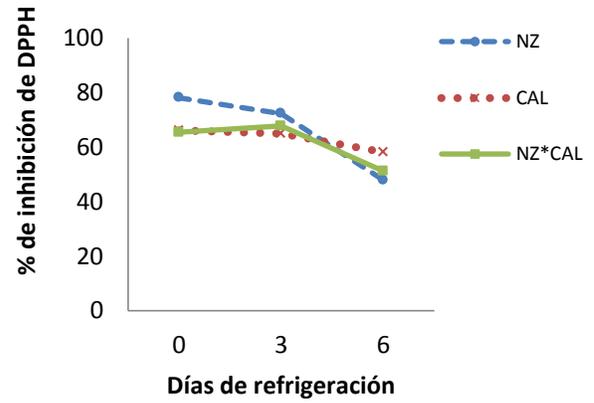
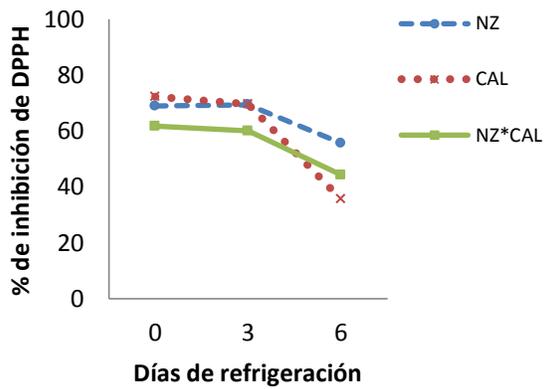
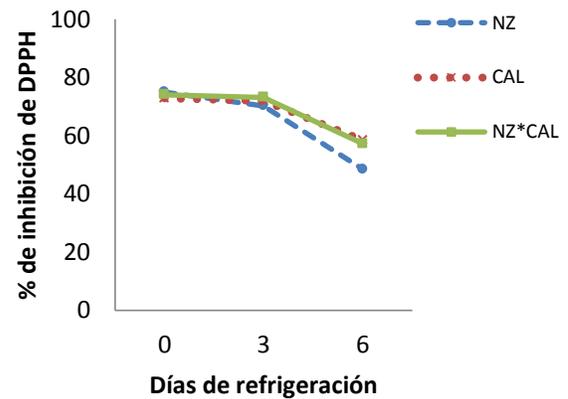
El genotipo NZ con el alimento 1 (Figura 3, A) presentó menor AA con respecto a los otros dos genotipos durante todo el periodo de refrigeración; contrariamente, la AA fue mayor con el alimento 2 a los días 0 y 3 de refrigeración (Figura 3, B). La AA durante todo el periodo de refrigeración con el genotipo NZ y el alimento 3 fue mayor con respecto a NZ\*CAL (Figura 3, C). Cuando NZ recibió el alimento 4, la AA sólo fue diferente al día 6 de refrigeración con un valor bajo de AA con respecto a los otros genotipos (Figura 3, D).

El genotipo CAL con el alimento 1 (Figura 3, A) presentó valores intermedios de AA durante todo el periodo de refrigeración. Con el alimento 2, el genotipo CAL se comportó igual a NZ\*CAL a los días 0 y 3 de refrigeración; sin embargo, al día 6 de refrigeración la AA de CAL fue mayor al resto de los genotipos (Figura 3, B). La AA del genotipo CAL con el alimento 3 (Figura 3, C) fue igual al genotipo NZ a los días 0 y 3 de refrigeración, y al día 6 de refrigeración CAL presentó la menor actividad antioxidante con respecto a los otros dos genotipos. Cuando el genotipo CAL recibió el alimento 4 el comportamiento fue igual a los otros dos genotipos, excepto con el genotipo NZ al día 6 de refrigeración (Figura 3, D).

La cruce NZ\*CAL presentó la mayor AA con el alimento 1 durante todo el periodo de refrigeración (Figura 3, A); con el alimento 2, sólo fue diferente con NZ al día 0 de refrigeración.

Contrario a lo observado con el alimento 1, el genotipo NZ\*CAL presentó menor AA cuando recibió el alimento 3 respecto al genotipo NZ (Figura 3, C). La actividad antioxidante del genotipo NZ\*CAL con el alimento 4 fue igual al genotipo CAL durante todo el periodo de refrigeración.

En el Cuadro 3, se indican los promedios de AA en porcentaje de inhibición DPPH del lomo crudo de conejo y muestran las interacciones de la Figura 3.

**A****B****C****D**

**FIGURA 3. Actividad antioxidante a diferentes días de refrigeración de lomo crudo de conejo con cuatro marcas de alimentos (% de inhibición del DPPH). A= Alimento 1; B= Alimento 2; C= Alimento 3; D= Alimento 4.**

**Cuadro 3. Medias de actividad antioxidante expresados como porcentaje de inhibición de DPPH (2,2- difenil-1-picrilhidrazil), por día de refrigeración, alimento y genotipo en lomo crudo de conejo.**

Días de refrigeración	Alimentos	Genotipos			X
		NZ	CAL	NZ*CAL	
0	1	63 <sup>hijkl</sup>	70 <sup>cdefg</sup>	73 <sup>abcd</sup>	
3	1	56 <sup>mno</sup>	73 <sup>abcd</sup>	80 <sup>a</sup>	
6	1	38 <sup>rs</sup>	55 <sup>nop</sup>	71 <sup>cdefg</sup>	
<b>X</b>		<b>52<sup>A</sup></b>	<b>66<sup>B</sup></b>	<b>75<sup>C</sup></b>	<b>64<sup>X</sup></b>
EE		0.73	0.73	0.73	0.57
0	2	78 <sup>ab</sup>	66 <sup>efghij</sup>	65 <sup>fg hij</sup>	
3	2	72 <sup>bcde</sup>	65 <sup>ghijk</sup>	68 <sup>defghi</sup>	
6	2	48 <sup>pq</sup>	58 <sup>lmn</sup>	51 <sup>op</sup>	
<b>X</b>		<b>66<sup>A</sup></b>	<b>63<sup>B</sup></b>	<b>61<sup>B</sup></b>	<b>63<sup>X</sup></b>
EE		0.50	0.50	0.50	0.57
0	3	69 <sup>cdefgh</sup>	72 <sup>bcde</sup>	62 <sup>ijklm</sup>	
3	3	69 <sup>cdefgh</sup>	70 <sup>cdefgh</sup>	60 <sup>ijklmn</sup>	
6	3	56 <sup>mno</sup>	36 <sup>s</sup>	44 <sup>qr</sup>	
<b>X</b>		<b>65<sup>A</sup></b>	<b>59<sup>B</sup></b>	<b>55<sup>C</sup></b>	<b>60<sup>Y</sup></b>
EE		0.54	0.54	0.54	0.57
0	4	75 <sup>abc</sup>	73 <sup>bcde</sup>	74 <sup>abcd</sup>	
3	4	70 <sup>cdefg</sup>	72 <sup>bcdef</sup>	73 <sup>abcd</sup>	
6	4	48 <sup>pq</sup>	58 <sup>klmn</sup>	57 <sup>lmno</sup>	
<b>X</b>		<b>64<sup>A</sup></b>	<b>68<sup>B</sup></b>	<b>68<sup>B</sup></b>	<b>67<sup>Z</sup></b>
EE		0.94	0.94	0.94	0.57
<b>X</b>		<b>62<sup>A</sup></b>	<b>64<sup>B</sup></b>	<b>65<sup>B</sup></b>	
EE		0.50	0.50	0.50	
<b>PROBABILIDAD</b>					
<b>DIA</b>		<0.01	<0.01	<0.01	
<b>GEN</b>		<0.01	<0.01	<0.01	
<b>ALIM</b>		<0.01	<0.01	<0.01	
<b>DIA*GEN</b>		<0.01	<0.01	<0.01	
<b>DIA*ALI</b>		<0.01	<0.01	<0.01	
<b>GEN*ALI</b>		<0.01	<0.01	<0.01	
<b>GEN*ALI*DIA</b>		<0.01	<0.01	<0.01	

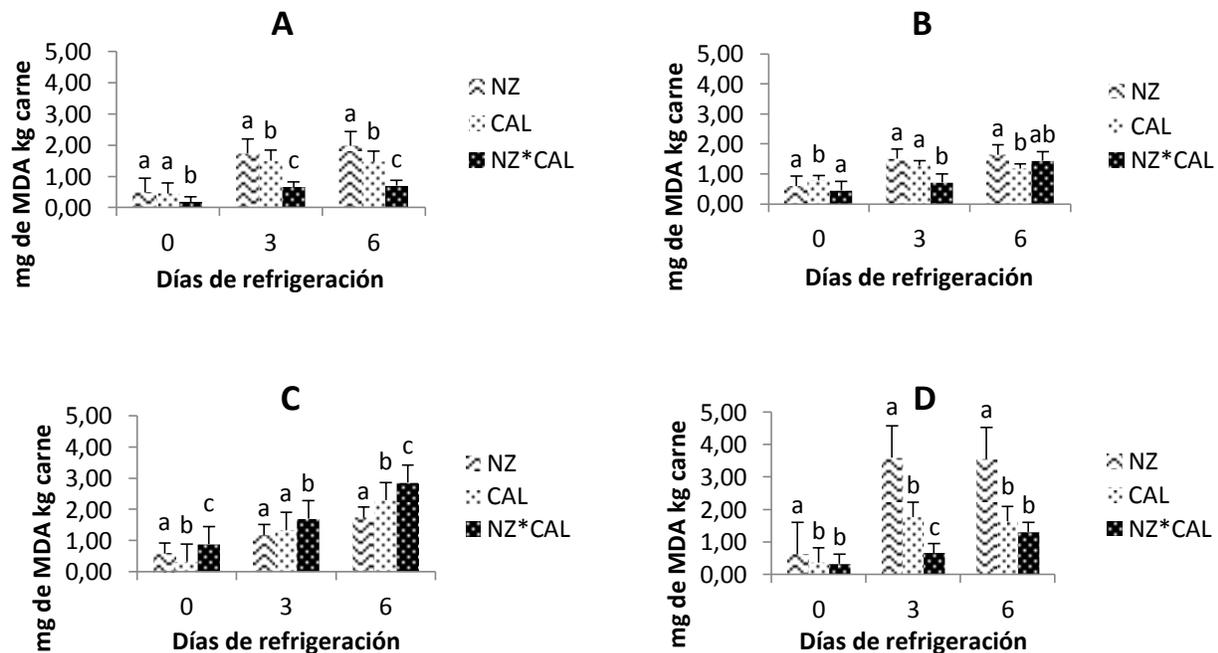
a, b, c, d, e, f, g, h, i, j, k, l, m, n, o, p, q, r, s Letras minúsculas distintas entre sí son estadísticamente diferentes (p<0.05).  
A, B, C Letras mayúsculas distintas en la misma hilera son estadísticamente diferentes (p<0.05). <sup>X, Y, Z</sup> Letras mayúsculas en la misma columna son estadísticamente diferentes (p<0.05). NZ= Nueva Zelanda; CAL= California; NZ\*CAL= cruce de Nueva Zelanda por California. X= Promedio

### 6.3. Estabilidad oxidativa en lomo crudo de conejo

La Figura 4 muestra la estabilidad oxidativa de lomo crudo de conejo a diferentes días de refrigeración con cuatro marcas de alimentos. Con todos los alimentos y genotipos, se produjo un incremento ( $p < 0.05$ ) de MDA el día 3 de refrigeración. El genotipo NZ\*CAL que recibió los alimentos 1 y 3 (Figura 4, A y C) presentó diferencias en la estabilidad oxidativa, el menor valor de MDA se observó con alimento 1 y mayor con el alimento 3, lo contrario se observó con el genotipo NZ.

Con el alimento 2 (Figura 4, B) el genotipo NZ fue mayor al genotipo NZ\*CAL ( $p < 0.05$ ) al día 3 de refrigeración, NZ presentó en promedio 1.25mg de MDA  $\text{kg}^{-1}$  y NZ\*CAL presentó 0.87mg de MDA  $\text{kg}^{-1}$  de carne ( $p < 0.05$ ) en todo el periodo de refrigeración (datos no presentados).

La concentración de MDA con el genotipo NZ con el alimento 4 (Figura 4, D) fue mayor ( $p < 0.05$ ) durante todo el periodo de refrigeración respecto a los otros dos genotipos y se observó mayor variabilidad con éste alimento entre genotipos a los días 3 y 6 de refrigeración.



**FIGURA 4. Estabilidad oxidativa a diferentes días de refrigeración de lomo crudo de conejo con cuatro marcas de alimentos (mg MDA  $\text{kg}^{-1}$  de carne).** A= Alimento 1; B= Alimento 2; C= Alimento 3; D= Alimento 4. Promedio de MDA por genotipo: NZ= 0.99; CAL= 1.20; NZ\*CAL= 1.6 Promedio de MDA por alimento: A= 1.02; B= 1.07; C=1.43; D= 1.54. <sup>a, b, c</sup> Letras minúsculas distintas en un mismo día de refrigeración y alimento son estadísticamente diferentes ( $p < 0.05$ ).

La Figura 5 muestra que el MDA disminuyó al aumentar la AA o DPPH ( $p < 0.01$ ). Cuando la actividad antioxidante disminuyó la oxidación de la carne aumentó conforme pasaron los días de refrigeración (Figura 6).

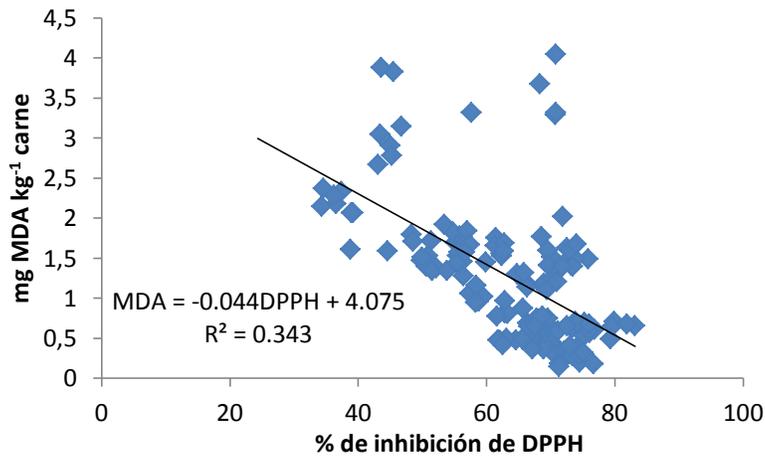


Figura 5. Correlación entre actividad antioxidante y estabilidad oxidativa del lomo crudo de conejo. La primera variable se midió en términos de la disminución del color (absorbancia) inicial de DPPH (2,2-difenil-1-picrilhidrazil) en % y la segunda por medición de dialdehído malónico, en mg kg<sup>-1</sup> de carne. La pendiente fue negativa y distinta de cero ( $p < 0.01$ ).

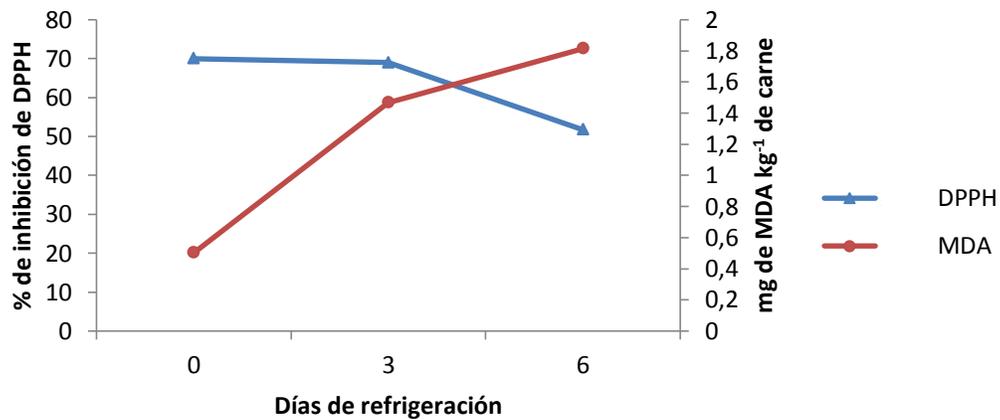


Figura 6. Comportamiento de la actividad antioxidante y de estabilidad oxidativa a través del tiempo.

## 7. DISCUSIÓN

### 7.1. Actividad antioxidante de los alimentos

Conforme aumentó el tiempo de almacenamiento de los alimentos consumidos por los conejos, la actividad antioxidante disminuyó, debido a la regulación de la producción de radicales libres mediante la donación de hidrógenos (Decker, 2007). La producción de radicales libres es mayor cuando el alimento contiene más cantidad de ácidos grasos insaturados; ya que estos son más susceptible a la oxidación (Miyashita, 2007; Niki *et al.*, 2005). La oxidación de los alimentos comerciales para conejos puede ocurrir; debido a que, es necesario el uso de grasas o aceites para incrementar el aporte de energía, la cual disminuye debido a la alta cantidad de fibra que debe contener para mejorar la motilidad intestinal y evitar problemas entéricos (De Blas y Wiseman, 2010). Si el alimento comercial contiene mayor cantidad de ácidos grasos insaturados, la cantidad de antioxidante debería ser mayor para mantener la estabilidad oxidativa de los mismos. Aunque el extracto etéreo (EE) no excluye la presencia de otros lípidos diferentes a los triglicéridos, éste puede ser un referente relativo del contenido de triglicéridos en el alimento para conejo. En el presente estudio se encontró que el EE del alimento 4 (5.80 %) fue mayor en relación a los alimentos 1, 2 y 3 con 4.40, 4.70 y 3.52 % EE respectivamente ( $p \leq 0.05$ ); sin embargo, la cantidad de antioxidantes de los alimentos 2, 3, 4 (83.10, 82.05 y 83.05 % respectivamente) fue menor comparado con el alimento 1 (85.94%), esto sugiere que los antioxidantes de los alimentos comerciales para conejos no se adicionan en relación al contenido de EE. El porcentaje de EE del alimento 4 es mayor a lo recomendado por Xicato, (2010) de 3 a 5 %. Estudios previos realizados con las mismas marcas comerciales de alimento confirman que en algunos casos la cantidad de EE es mayor a lo recomendado para los alimentos de conejos, y que éste aumenta el contenido de grasa en la canal (Suarez-López, 2009). La disminución de la AA de los alimentos de 0 a 30 días de almacenamiento en bodega se debe a que los antioxidantes se agotan por la inhibición de radicales libres para mantener la integridad del alimento. La cantidad de antioxidante presente en el alimento puede afectar la calidad de la carne, estudios realizados en alimentos para conejos elaborados con algún ingrediente con actividad antioxidante como la linaza (Prola *et al.*, 2011), aceite de orégano (Botsoglou *et al.*, 2004) y vitamina E (López-Bote *et al.*, 1997; Botsoglou *et al.*, 2004) mejoran la estabilidad oxidativa de la carne de conejo, debido a la mayor cantidad de antioxidantes que se acumulan en esta. La dieta puede

modificar la actividad antioxidante, los prooxidantes y la composición de los ácidos grasos de la carne (Serpen *et al.*, 2012).

### 7.2. Actividad antioxidante en lomo crudo de conejo

La disminución de la actividad antioxidante en el lomo crudo de conejo (Figura 3) al día 6 de refrigeración se presentó en todos los genotipos, ésta puede deberse a la reducción de los antioxidantes en la carne, provenientes del alimento que recibieron, debido a la inhibición de radicales libres que se producen durante el periodo de refrigeración (Decker *et al.*, 2005; Decker, 2007; Erickson, 2007). Existen pocos estudios que midan la AA en carne de conejo; sin embargo, la actividad antioxidante de la carne cruda de pollo (Jang *et al.* 2008) cerdo y bovino (Fasseas *et al.*, 2007) también disminuye conforme aumenta el tiempo de refrigeración. La diferencia de la actividad antioxidante en los genotipos durante el periodo de refrigeración (Figura 3, Cuadro 3) probablemente esté influenciado por una diferencia en la composición de sus tejidos, principalmente la cantidad de ácidos grasos insaturados. Hernández *et al.* (2008) reportaron diferencias en el porcentaje de ácidos grasos poliinsaturados (AGPI) y ácidos grasos saturados (AGS) en la carne de pierna entre líneas de conejos NZ y NZ\*CAL. En adición, la carne de conejo es rica en ácidos grasos poliinsaturados (Combes *et al.*, 2004) que pueden ser modificados a través de la alimentación (Dal Bosco *et al.*, 2004; Bianchi *et al.*, 2006; Kouba *et al.*, 2008). Incluso, Alasnier *et al.*, (2000) y Hernández *et al.* (2008) observaron que la cantidad de ácidos grasos libres incrementa después del séptimo día de refrigeración por acción de las enzimas lipolíticas, lo que coincide con lo observado en el presente estudio que a mayor tiempo de refrigeración la AA disminuye, probablemente por la presencia de mayor cantidad de ácidos grasos insaturados libres.

La mayor AA se presentó con el genotipo NZ\*CAL con el alimento 1 y con NZ y el alimento 3 con respecto a NZ\*CAL durante todo el periodo de refrigeración (Figura 3, A y C; Cuadro 3), lo que sugiere que los genotipos respondieron de manera diferente a un mismo alimento comercial durante el periodo de refrigeración (Cuadro 3) sin importar la concentración de antioxidantes presentes en el alimento. Estas diferencias en la respuesta de la carne de lomo crudo a los alimentos, puede deberse a diferencias en el contenido de ácidos grasos insaturados modificado por la dieta (Kouba *et al.*, 2008); sin embargo, los antioxidantes disminuyen para evitar la oxidación de dichos ácidos grasos durante la refrigeración.

### 7.3. Estabilidad oxidativa en lomo crudo de conejo

El incremento de la oxidación lipídica que se presentó en todos los genotipos al día 3 de refrigeración se puede explicar por la disminución de la actividad antioxidante a partir de éste día. La estabilidad oxidativa aumenta cuando el alimento tiene mayor cantidad de antioxidantes (Castellini *et al.*, 1998; Corino *et al.*, 2002, 2007); sin embargo, esto puede variar según el genotipo y el alimento comercial, como lo indican los resultados. No obstante, que el alimento 1 contenía la mayor cantidad de antioxidantes 85.94% sólo con NZ\*CAL se observó mejor AA y la mejor estabilidad oxidativa en la carne de lomo crudo; lo contrario ocurrió con NZ y el alimento 1, lo que corrobora lo mencionado anteriormente.

La mayor cantidad de MDA que presentó el lomo crudo del genotipo NZ con el alimento 4 probablemente esté relacionada con la cantidad de EE (5.80 %) que contenía el alimento provocando mayor acumulación de ácidos grasos insaturados en la carne, susceptibles de oxidarse. Los resultados del presente estudio muestran una correlación negativa entre el % de DPPH y la cantidad de MDA y que a mayor actividad antioxidante, mayor estabilidad oxidativa (Figura 3 y 4), tal como lo reportan Corino *et al.*, (2007) y Selim *et al.*, (2008).

El incremento de la cantidad de MDA que se aprecia durante el periodo de refrigeración (Figura 6) coincide con otros investigadores (Botsouglu *et al.*, 2004; Corino *et al.*, 2007; Selim *et al.*, 2008; Shin *et al.*, 2011) y se asocia al efecto del genotipo por diferencia en el contenido de ácidos grasos insaturados (Cambero *et al.*, 1991; Hernández *et al.*, 2008) y a la producción de radicales libres por oxidación lipídica durante la refrigeración (Kiokias *et al.*, 2010; Erickson, 2007; Reische *et al.*, 2007).

## 8. CONCLUSIONES

Se concluye que los alimentos comerciales para conejos tienen diferente cantidad de antioxidantes y que estos pueden ser o no suficientes para mejorar la estabilidad oxidativa del lomo crudo de conejo dependiendo del genotipo y los días de refrigeración de la carne. Se sugiere alimentar a NZ\*CAL con alimentos que tengan más de 85 % de actividad antioxidante y no refrigerar más de 6 días para prevenir el aumento de la oxidación lipídica.

## 9. BIBLIOGRAFÍA

- Acedo-Rico J., Mendez J y Santomá G. 2010. in: De Blas, C. y Wiseman, J. (Eds.), Nutrition of the rabbit. 2nd Edition. pp200-219.
- Alasnier, C., David-Briand, E., & Gandemer, G. 2000. Lipolysis in muscles during refrigerated storage as related to the metabolic type of the fibres in the rabbit. *Meat Sci.*, 54, 127–134.
- Asghar, A., C.F. Lin, J. I. Gray, D. J. Buckley, A. M. Booren, y C. J. Flegal. 1990. Effects of dietary oils and  $\alpha$ -tocopherol supplementation on membranal lipid oxidation in broiler meat. *J. Food Sci.* 55: 46-51
- Becerril-Pérez C.M. 2006. A reflection on rabbit production in emergent countries: the case of México. In: Proc. 3rd Rabbit Congr. Amer. 2006 August, Maringa Brazil 16 p.
- Bianchi, M., Petracci M., Cavani C. 2006. Effects of dietary inclusion of dehydrated lucerne and whole linseed on rabbit meat quality. *World Rabbit Sci.* 2006, 14: 247 - 258
- Botsoglou N., Florou-Paneri P., Christaki E., Giannenas I., Spais A. 2004. Performance of rabbits and oxidative stability of muscle tissues as affected by dietary supplementation with oregano essential oil. *Arch. Anim. Nutr.* 58: 209-218.
- Brand-Williams, W., Cuvelier, M. E., Berset, C. 1995. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *Lebensm. Wiss. Technol.* 28: 25-30.
- Buege, J. and Aust, S. D. (1978) Microsomal lipid peroxidation. *Method Enzymol.* 52, 302-310.
- Cambero, M. I., de la Hoz, L., Sanz, B. y Ordoñez, J. A. 1991. Lipid and fatty acid composition of rabbit meat. II. Phospholipids. *Meat Sci.*, 29, 167–176.
- Castellini, C., Dal Bosco, A., Bernardini, M., & Cyril, H. W. 1998. Effect of dietary vitamin E on the oxidative stability of raw and cooked rabbit meat. *Meat Sci.*, 50: 153–161.
- Combes, S. 2004. Valeur nutritionnelle de la viande de lapin. *INRA Prod. Anim.*, 17: 373-383.
- Corino, C., Mourot, J., Magni, S., Pastorelli G. and Rosi F. 2002. Influence of dietary conjugated linoleic acid on growth, meat quality, lipogenesis, plasma leptin and physiological variables of lipid metabolism in rabbits. *J Anim Sci* 80:1020-1028.
- Corino C., Lo Fiego D.P., Macchioni P., Pastorelli G., Di Giancamillo A., Domeneghini C., Rossi R. 2007. Influence of dietary conjugated linoleic acids and vitamin E on meat quality, and adipose tissue in rabbits. *Meat Sci.* 76 19–28.
- Dal Bosco A., Castellini C., Bianchi L., Mugnai C. 2004. Effect of dietary  $\alpha$ -linolenic acid and vitamin E on the fatty acid composition, storage stability and sensory traits of rabbit meat. *Meat Sci.*, 66: 407-413.
- Dalle Zotte, A. 2002. Perception of rabbit meat quality and major factors influencing the rabbit carcass and meat quality. *Livest. Prod. Sci.*75: 11–32.

- De Blas, C. y Wiseman, J. 2010. Nutrition of the rabbit. 2nd Edition 325p.
- Decker, E. A. Warner, K., Richard, M. P., Shahid, F. 2005. Measuring antioxidant effectiveness in food. *J. Agric. Food Chem.* 53: 4303–4310.
- Decker, E. A. 2007. Antioxidant , in: Akoh, C. C., Min D. B. (Eds.), *Food Lipids: Chemistry, Nutrition and Biotechnology*. pp 475-492.
- Erickson M. C. 2007. Lipid oxidation of muscle, in: Akoh, C. C., Min D. B. (Eds.), *Food Lipids: Chemistry, Nutrition and Biotechnology*. pp 322-347.
- Fasseas, M. K., Mountzouris, K. C., Tarantilis, P. A., Polissiou M., Zervas G. 2007. Antioxidant activity in meat treated with oregano and sage essential oils. *Food Chem.* 106: 1188–1194.
- Fellenberg, M.A. y Speisky, H. 2006. Antioxidants: their effects on broiler oxidative stress and its meat oxidative stability. *W. Poul Sci. J.* 62: 53-70.
- García, E. 1988. Modificación al sistema de clasificación climática de Copen. Instituto de Geografía. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F.
- Hernández, P., Guerrero, L., Ramirez, J., Ariño, B. y Blasco, A. 2003. Efecto de la selección por velocidad de crecimiento sobre la calidad sensorial de la carne de conejo ITEA. Vol. Extra No. 24. Tomo I, 256-258.
- Hernández, P., Cesari V., Blasco A. 2008. Effect of genetic rabbit lines on lipid content, lipolytic activities and fatty acid composition of hind leg meat and perirenal fat. *Meat Sci.* 78: 485-491.
- Jang, A. Liu, X.-D. Shin, M.-H. Lee, B.-D. Lee, S.-K. Lee, J.-H. y Jo, C. 2008. Antioxidative potential of raw breast meat from broiler chicks fed a dietary medicinal herb extract mix. *Poul. Sci.* 87: 2382–2389
- Kiokias S., Varzakas T. H., Arvanitoyannis I. S., and Labropoulos A. E. 2010. Lipid oxidation and control of oxidation in: Yildiz F. (ed.) *Advances in food biochemistry*. pp. 384-408.
- Kouba M., Benatmane F., Blochet J.E., Mourot J. 2008. Effect of a linseed diet on lipid oxidation, fatty acid composition of muscle, perirenal fat, and raw and cooked rabbit meat. *Meat Sci.* 80 829–834.
- Liu Hua Wei, Gai Francesco, Gasco Laura, Brugiapaglia Alberto, Jun Guo Carola Lussiana Kai, Tong Jian Ming, Zoccarato Ivo. 2009. Effects of chestnut tannins on carcass characteristics, meat quality, lipid oxidation and fatty acid composition of rabbits. *Meat Sci.* 83: 678–683.
- López-Bote, C. J., Rey, A., Ruiz, J., Isabel, B., & Sanz Arias, R. 1997. Effects of feeding diets high in monounsaturated fatty acids and  $\alpha$ -tocopheryl acetate to rabbits on resulting carcass fatty acid profile and lipid oxidation. *Anim. Sci.*, 64, 177–186.
- Mateos, G. G. Grobas, S., Tabeada, E. y Mendez, J. 1993. Valoración de la calidad del pienso en Cunicultura. *Boletín de Cunicultura*. No. 68, Julio-Agosto. Pp. 43-46.

- Miyashita K. 2007. Polyunsaturated lipid oxidation in aqueous system, in: Akoh, C. C., Min D. B. (Eds.), *Food Lipids: Chemistry, Nutrition and Biotechnology*. pp 365-383.
- Niki, E., Yoshida, Y., Saito, Y., y Noguchi, N. 2005. Lipid peroxidation: Mechanisms, inhibition and biological effects. *Biochem. Biophys. Res. Commun.* 338(1), 668-676.
- Norma Oficial Mexicana, NOM-033-ZOO- 1995. Diario oficial de la federación, 7 de julio de 1995. Sacrificio humanitario de los animales domésticos y silvestres. 12p
- Northcutt, J. K. 2004. Factores que afectan la calidad de la carne de aves. *Mundo Lácteo y Cárnico*. Delta Enfoque, S.A. de C.V. México D.F. Nov-Dic 30-32.
- Organización de las naciones unidas para la agricultura y la alimentación, 2012. Producción Agropecuaria. FAOSTAT. (en línea: <http://faostat.fao.org>).
- Pérez-Jiménez, F., Ros E., Solá R., Godás G., Pérez-Heras A., Serra M., Mostaza J., y Pintó X. 2006. Consejos para ayudar a controlar el colesterol con una alimentación saludable. *Clin Invest Arterioscl.* 18(3):104-10
- Prola, Liviana, Mussa P. P., Strazzullo G., Mimosi A., Radice E. and Meineri G. 2011. Oxidative status in rabbit supplemented with dietary false flax seed (*Camelina sativa*). *J. Anim. Vet. Adv.* 10(10):1309-1312.
- Reische, W. D., Lillard A. Dorris y Eitenmiller R. R. 2007. Antioxidants, in: Akoh, C. C., Min D. B. (Eds.), *Food Lipids: Chemistry, Nutrition and Biotechnology*. pp 409-430.
- SAS. 2003. SAS/STAT User's Guide (Release 69.3). SAS Inst. Inc., Cary NC, USA.
- Selim, N.A., Abdel-Khalek, A.M., Nada, S.A., El-Medany, Sh.A. 2008. Response of growing rabbits to dietary antioxidant vitamins E and C. 2. Effect on meat quality. 9 th World Rabbit Congress. June 10-13. 1437-1442.
- Serpen, A., Gökmen, V., Fogliano, V. 2012. Total antioxidant capacities of raw and cooked meats. *Meat Sci.* 90: 60–65.
- Shahidi, F. 2002. Lipid-derived flavors in meat products, in: Kerry, J., Kerry, J., Ledward, D., D. (Eds.), *Meat processing: improving quality*. pp 105-121.
- Shahidi, F. y Wanasundara U. 2007. Methods for measuring oxidative rancidity in fats and oils , in: Akoh, C. C., Min D. B. (Eds.), *Food Lipids: Chemistry, Nutrition and Biotechnology*. pp 387-403.
- Shin D., Yang HS., Min Byoung-Rok, Narciso-Gaytán C., Sánchez-Plata M. X. and Ruiz-Feria C. 2011. Evaluation of antioxidant effects of vitamins C and E alone and in combination with sorghum bran in a cooked and stored chicken sausage. *Korean J. Food Sci. Ani. Resour.* Vol. 31, No. 5, pp. 693-700.
- SIAP, 2011. Estadísticas del sector agroalimentario y pesquero. <http://www.siap.gob.mx/opt/123/86/85.html>

Suarez-López R. 2009. Calidad de los alimentos comerciales y genotipos de conejos para la producción de carne en México. Colegio de Postgraduados. Tesis de maestría. 113p.

SPSS Ins. (2011). SPSS-X. User's Guide. Chicago: SPSS Inc.

Tufarelli V., Desantis S., Zizza S., Laudadio V. 2010. Performance, gut morphology and carcass characteristics of fattening rabbits as affected by particle size of pelleted diets. Arch. Anim. Nut. 64 (5): 373-382.

Vidal, C. M.C. 2005. Carne de conejo, equilibrio y salud. Organización interprofesional cunícola. <http://intercun.org/profesional-sanitario/revista-cientifica.html>

Xicato, G., 2010. Fat digestion, in: De Blas, C. y Wiseman, J. (Eds.), Nutrition of the rabbit. 2nd Edition. pp56-65.

## 10. ANEXOS

### 10.1. Análisis estadísticos

		N
	.00	48
día0a6días	3.00	48
	6.00	48
	1.00	48
gEN	2.00	48
	3.00	48
	1.00	36
aLIM	2.00	36
	3.00	36
	4.00	36

	día0a6días	gEN	aLIM	Mean	Std. Deviation	N		
lcdpph	.00		1.00	62.9150	1.27343	4		
			2.00	78.0725	1.86436	4		
			1.00	3.00	68.8550	1.00288	4	
			4.00		74.9175	1.22888	4	
			Total		71.1900	6.12973	16	
				1.00	69.7825	.50049	4	
				2.00	66.1650	2.74481	4	
				2.00	3.00	72.2875	1.14185	4
				4.00		72.7550	2.56866	4
				Total		70.2475	3.22891	16
			1.00	73.4950	2.62706	4		
			2.00	65.3950	2.02811	4		
			3.00	3.00	61.6500	2.02091	4	
			4.00		74.0200	.97410	4	
			Total		68.6400	5.74900	16	
Total			1.00	68.7308	4.83199	12		
			2.00	69.8775	6.39249	12		
			3.00	67.5975	4.81458	12		

		4.00	73.8975	1.82443	12
		Total	70.0258	5.19606	48
		1.00	56.0625	.77362	4
		2.00	72.2475	1.39163	4
	1.00	3.00	69.3800	.69498	4
		4.00	70.2025	1.22986	4
		Total	66.9731	6.66295	16
		1.00	73.2050	2.64772	4
		2.00	64.9650	1.83547	4
	2.00	3.00	69.5800	2.63460	4
		4.00	71.8850	2.34092	4
		Total	69.9088	3.87883	16
	3.00	1.00	79.6300	4.16245	4
		2.00	67.6625	.69260	4
		3.00	59.9850	3.49373	4
		4.00	73.1400	1.35885	4
		Total	70.1044	7.86911	16
		1.00	69.6325	10.71208	12
		2.00	68.2917	3.38178	12
	Total	3.00	66.3150	5.21697	12
		4.00	71.7425	1.99764	12
		Total	68.9954	6.38966	48
		1.00	38.3975	1.24845	4
		2.00	47.8525	2.25767	4
	1.00	3.00	55.6075	1.56483	4
		4.00	48.3950	6.33467	4
		Total	47.5631	7.05069	16
		1.00	54.5175	2.61113	4
		2.00	58.1750	.97189	4
	2.00	3.00	35.6750	1.45184	4
		4.00	58.3975	5.47094	4
		Total	51.6913	10.08460	16
		1.00	71.2175	3.85475	4
		2.00	51.1550	.93057	4
	3.00	3.00	44.2000	1.09020	4
		4.00	57.1475	2.61738	4

		Total	55.9300	10.49961	16	
		1.00	54.7108	14.21982	12	
		2.00	52.3942	4.70052	12	
	Total	3.00	45.1608	8.62019	12	
		4.00	54.6467	6.52516	12	
		Total	51.7281	9.76845	48	
		1.00	52.4583	10.83551	12	
		2.00	66.0575	13.77719	12	
	1.00	3.00	64.6142	6.73582	12	
		4.00	64.5050	12.54486	12	
		Total	61.9088	12.25317	48	
		1.00	65.8350	8.70830	12	
		2.00	63.1017	4.09051	12	
	2.00	3.00	59.1808	17.47951	12	
		4.00	67.6792	7.65410	12	
		Total	63.9492	10.83201	48	
	Total	1.00	74.7808	4.94258	12	
		2.00	61.4042	7.72794	12	
		3.00	55.2783	8.49790	12	
		4.00	68.1025	8.26030	12	
		Total	64.8915	10.33768	48	
		1.00	64.3581	12.44809	36	
		2.00	63.5211	9.35338	36	
	Total	3.00	59.6911	12.16780	36	
		4.00	66.7622	9.59001	36	
		Total	63.5831	11.16224	144	
		1.00	.4837	.01295	4	
		2.00	.5957	.09193	4	
	1.00	3.00	.5908	.07700	4	
		4.00	.6166	.07328	4	
		Total	.5717	.08269	16	
	mda .00	1.00	.4492	.02457	4	
		2.00	.7877	.08139	4	
		2.00	3.00	.3188	.02522	4
		4.00	.3680	.01015	4	
		Total	.4809	.19331	16	

		1.00	.1772	.02127	4
		2.00	.4492	.06245	4
	3.00	3.00	.8788	.10053	4
		4.00	.3274	.05860	4
		Total	.4581	.27637	16
		1.00	.3700	.14432	12
		2.00	.6109	.16164	12
	Total	3.00	.5961	.24815	12
		4.00	.4373	.14234	12
		Total	.5036	.20234	48
		1.00	1.7354	.04915	4
		2.00	1.5138	.09319	4
	1.00	3.00	1.1778	.05954	4
		4.00	3.5864	.35415	4
		Total	2.0034	.98035	16
		1.00	1.4966	.08059	4
		2.00	1.2935	.17117	4
	2.00	3.00	1.3341	.09341	4
		4.00	1.7674	.18385	4
		Total	1.4729	.22946	16
3.00		1.00	.6609	.01295	4
		2.00	.7052	.04796	4
	3.00	3.00	1.7009	.11750	4
		4.00	.6572	.05295	4
		Total	.9311	.46359	16
		1.00	1.2976	.48370	12
		2.00	1.1709	.37158	12
	Total	3.00	1.4043	.24401	12
		4.00	2.0037	1.27854	12
		Total	1.4691	.76671	48
		1.00	1.9827	.25404	4
		2.00	1.6406	.14202	4
	1.00	3.00	1.7403	.17816	4
		4.00	3.5470	.36564	4
		Total	2.2277	.82793	16
6.00		2.00	1.4671	.07552	4

		2.00	1.1754	.33230	4
		3.00	2.2855	.09575	4
		4.00	1.6443	.07179	4
		Total	1.6431	.45027	16
		1.00	.6978	.05413	4
		2.00	1.4424	.08979	4
	3.00	3.00	2.8529	.16166	4
		4.00	1.3107	.12450	4
		Total	1.5760	.82126	16
		1.00	1.3825	.56924	12
		2.00	1.4195	.27831	12
	Total	3.00	2.2929	.49334	12
		4.00	2.1674	1.04909	12
		Total	1.8156	.76564	48
		1.00	1.4006	.69858	12
		2.00	1.2500	.49663	12
	1.00	3.00	1.1696	.50153	12
		4.00	2.5833	1.47725	12
		Total	1.6009	1.03786	48
		1.00	1.1376	.51199	12
		2.00	1.0855	.30139	12
	2.00	3.00	1.3128	.84177	12
		4.00	1.2599	.66880	12
		Total	1.1990	.60136	48
Total		1.00	.5120	.24969	12
		2.00	.8656	.44417	12
	3.00	3.00	1.8108	.85371	12
		4.00	.7651	.43370	12
		Total	.9884	.72290	48
		1.00	1.0167	.63106	36
		2.00	1.0671	.43997	36
	Total	3.00	1.4311	.78006	36
		4.00	1.5361	1.22128	36
		Total	1.2627	.84241	144

Prueba Multivariada

Effect		Value	F	Hypothesis df	Error df	Sig.
Intercept	Pillai's Trace	.999	65758.790 <sup>b</sup>	2.000	107.000	.000
	Wilks' Lambda	.001	65758.790 <sup>b</sup>	2.000	107.000	.000
	Hotelling's Trace	1229.136	65758.790 <sup>b</sup>	2.000	107.000	.000
	Roy's Largest Root	1229.136	65758.790 <sup>b</sup>	2.000	107.000	.000
dÍA0a6días	Pillai's Trace	1.821	549.637	4.000	216.000	.000
	Wilks' Lambda	.005	686.456 <sup>b</sup>	4.000	214.000	.000
	Hotelling's Trace	32.226	853.981	4.000	212.000	.000
	Roy's Largest Root	26.190	1414.273 <sup>c</sup>	2.000	108.000	.000
gEN	Pillai's Trace	.813	36.996	4.000	216.000	.000
	Wilks' Lambda	.187	70.168 <sup>b</sup>	4.000	214.000	.000
	Hotelling's Trace	4.342	115.057	4.000	212.000	.000
	Roy's Largest Root	4.341	234.436 <sup>c</sup>	2.000	108.000	.000
aLIM	Pillai's Trace	1.372	78.739	6.000	216.000	.000
	Wilks' Lambda	.088	84.529 <sup>b</sup>	6.000	214.000	.000
	Hotelling's Trace	5.127	90.568	6.000	212.000	.000
	Roy's Largest Root	3.721	133.951 <sup>c</sup>	3.000	108.000	.000
dÍA0a6días * gEN	Pillai's Trace	1.036	28.992	8.000	216.000	.000
	Wilks' Lambda	.212	31.327 <sup>b</sup>	8.000	214.000	.000
	Hotelling's Trace	2.546	33.734	8.000	212.000	.000
	Roy's Largest Root	1.946	52.539 <sup>c</sup>	4.000	108.000	.000
dÍA0a6días * aLIM	Pillai's Trace	.937	15.857	12.000	216.000	.000
	Wilks' Lambda	.203	21.793 <sup>b</sup>	12.000	214.000	.000
	Hotelling's Trace	3.250	28.709	12.000	212.000	.000
	Roy's Largest Root	3.023	54.408 <sup>c</sup>	6.000	108.000	.000
gEN * aLIM	Pillai's Trace	1.715	108.463	12.000	216.000	.000
	Wilks' Lambda	.018	116.676 <sup>b</sup>	12.000	214.000	.000
	Hotelling's Trace	14.195	125.388	12.000	212.000	.000
	Roy's Largest Root	10.043	180.778 <sup>c</sup>	6.000	108.000	.000
dÍA0a6días * gEN * aLIM	Pillai's Trace	1.437	22.963	24.000	216.000	.000
	Wilks' Lambda	.075	23.660 <sup>b</sup>	24.000	214.000	.000
	Hotelling's Trace	5.517	24.366	24.000	212.000	.000
	Roy's Largest Root	3.641	32.765 <sup>c</sup>	12.000	108.000	.000

a. Design: Intercept + dÍA0a6días + gEN + aLIM + dÍA0a6días \* gEN + dÍA0a6días \* aLIM + gEN \* aLIM + dÍA0a6días \* gEN \* aLIM

b. Exact statistic

c. The statistic is an upper bound on F that yields a lower bound on the significance level.

Prueba de efectos entre sujetos

Source	Dependent Variable	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	lcdpph	17183.157 <sup>a</sup>	35	490.947	83.631	.000
	mda	99.332 <sup>b</sup>	35	2.838	142.604	.000
Intercept	lcdpph	582165.185	1	582165.185	99169.262	.000
	mda	229.613	1	229.613	11537.346	.000
día0a6días	lcdpph	10144.436	2	5072.218	864.030	.000
	mda	44.377	2	22.188	1114.901	.000
gEN	lcdpph	223.164	2	111.582	19.008	.000
	mda	9.297	2	4.648	233.569	.000
aLIM	lcdpph	930.917	3	310.306	52.859	.000
	mda	7.268	3	2.423	121.727	.000
día0a6días * gEN	lcdpph	488.563	4	122.141	20.806	.000
	mda	4.129	4	1.032	51.869	.000
día0a6días * aLIM	lcdpph	259.546	6	43.258	7.369	.000
	mda	6.491	6	1.082	54.362	.000
gEN * aLIM	lcdpph	3559.372	6	593.229	101.054	.000
	mda	20.525	6	3.421	171.883	.000
día0a6días * gEN * aLIM	lcdpph	1577.159	12	131.430	22.389	.000
	mda	7.245	12	.604	30.339	.000
Error	lcdpph	634.005	108	5.870		
	mda	2.149	108	.020		
Total	lcdpph	599982.348	144			
	mda	331.095	144			
Corrected Total	lcdpph	17817.162	143			
	mda	101.482	143			

a. R Squared = .964 (Adjusted R Squared = .953)

b. R Squared = .979 (Adjusted R Squared = .972)

Comparación múltiple

Tukey HSD

Dependent Variable	(I) día0a6días	(J) día0a6días	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
						Lower Bound	Upper Bound
lcdpph	.00	3.00	1.0304	.49457	.098	-.1449	2.2057
		6.00	18.2977*	.49457	.000	17.1224	19.4730
	3.00	.00	-1.0304	.49457	.098	-2.2057	.1449
		6.00	17.2673*	.49457	.000	16.0920	18.4426
	6.00	.00	-18.2977*	.49457	.000	-19.4730	-17.1224
		3.00	-17.2673*	.49457	.000	-18.4426	-16.0920
mda	.00	3.00	-.9655*	.02880	.000	-1.0340	-.8971
		6.00	-1.3120*	.02880	.000	-1.3804	-1.2435
	3.00	.00	.9655*	.02880	.000	.8971	1.0340
		6.00	-.3465*	.02880	.000	-.4149	-.2780
	6.00	.00	1.3120*	.02880	.000	1.2435	1.3804
		3.00	.3465*	.02880	.000	.2780	.4149

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = .020.

\*. The mean difference is significant at the .05 level.

lcdpph

Tukey HSD

día0a6días	N	Subset	
		1	2
6.00	48	51.7281	
3.00	48		68.9954
.00	48		70.0258
Sig.		1.000	.098

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = 5.870.

- a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 48.000.
- b. The group sizes are unequal. The harmonic mean of the group sizes is used. Type I error levels are not guaranteed.
- c. Alpha = .05.

mda

Tukey HSD

día	N	Subset		
		1	2	3
.00	48	.5036		
3.00	48		1.4691	
6.00	48			1.8156
Sig.		1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = .020.

- a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 48.000.
- b. The group sizes are unequal. The harmonic mean of the group sizes is used. Type I error levels are not guaranteed.
- c. Alpha = .05.

Comparación múltiple

Tukey HSD

Dependent Variable	(I) gEN	(J) gEN	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
						Lower Bound	Upper Bound
lcdpph	1.00	2.00	-2.0404*	.49457	.000	-3.2157	-.8651
		3.00	-2.9827*	.49457	.000	-4.1580	-1.8074
	2.00	1.00	2.0404*	.49457	.000	.8651	3.2157
		3.00	-.9423	.49457	.142	-2.1176	.2330
	3.00	1.00	2.9827*	.49457	.000	1.8074	4.1580
		2.00	.9423	.49457	.142	-.2330	2.1176
mda	1.00	2.00	.4019*	.02880	.000	.3335	.4704
		3.00	.6125*	.02880	.000	.5441	.6809
	2.00	1.00	-.4019*	.02880	.000	-.4704	-.3335
		3.00	.2106*	.02880	.000	.1421	.2790
	3.00	1.00	-.6125*	.02880	.000	-.6809	-.5441
		2.00	-.2106*	.02880	.000	-.2790	-.1421

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = .020.

\*. The mean difference is significant at the .05 level.

**lcdpph**

Tukey HSD

gEN	N	Subset	
		1	2
1.00	48	61.9088	63.9492
2.00	48		
3.00	48		
Sig.		1.000	.142

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = 5.870.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 48.000.

b. The group sizes are unequal. The harmonic mean of the group sizes is used. Type I error levels are not guaranteed.

c. Alpha = .05.

**mda**

Tukey HSD

gEN	N	Subset		
		1	2	3
3.00	48	.9884	1.1990	1.6009
2.00	48			
1.00	48			
Sig.		1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = .020.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 48.000.

b. The group sizes are unequal. The harmonic mean of the group sizes is used. Type I error levels are not guaranteed.

c. Alpha = .05.

Comparaciones múltiples

Tukey HSD

Dependent Variable	(I) aLIM	(J) aLIM	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
						Lower Bound	Upper Bound
lcdpph		2.00	.8369	.57108	.462	-.6533	2.3272
	1.00	3.00	4.6669*	.57108	.000	3.1767	6.1572
		4.00	-2.4042*	.57108	.000	-3.8944	-.9139
		1.00	-.8369	.57108	.462	-2.3272	.6533
	2.00	3.00	3.8300*	.57108	.000	2.3398	5.3202
		4.00	-3.2411*	.57108	.000	-4.7313	-1.7509
		1.00	-4.6669*	.57108	.000	-6.1572	-3.1767
	3.00	2.00	-3.8300*	.57108	.000	-5.3202	-2.3398
		4.00	-7.0711*	.57108	.000	-8.5613	-5.5809
		1.00	2.4042*	.57108	.000	.9139	3.8944
	4.00	2.00	3.2411*	.57108	.000	1.7509	4.7313
		3.00	7.0711*	.57108	.000	5.5809	8.5613
mda		2.00	-.0503	.03325	.433	-.1371	.0364
	1.00	3.00	-.4144*	.03325	.000	-.5011	-.3276
		4.00	-.5194*	.03325	.000	-.6061	-.4326
		1.00	.0503	.03325	.433	-.0364	.1371
	2.00	3.00	-.3640*	.03325	.000	-.4508	-.2773
		4.00	-.4691*	.03325	.000	-.5558	-.3823
		1.00	.4144*	.03325	.000	.3276	.5011
	3.00	2.00	.3640*	.03325	.000	.2773	.4508
		4.00	-.1050*	.03325	.011	-.1918	-.0183
		1.00	.5194*	.03325	.000	.4326	.6061
	4.00	2.00	.4691*	.03325	.000	.3823	.5558
		3.00	.1050*	.03325	.011	.0183	.1918

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = .020.

\*. The mean difference is significant at the .05 level.

**lcdpph**

Tukey HSD

aLIM	N	Subset		
		1	2	3
3.00	36	59.6911	63.5211	66.7622
2.00	36			
1.00	36		64.3581	
4.00	36			
Sig.		1.000	.462	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = 5.870.

- a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 36.000.
- b. The group sizes are unequal. The harmonic mean of the group sizes is used. Type I error levels are not guaranteed.
- c. Alpha = .05.

**mda**

Tukey HSD

aLIM	N	Subset		
		1	2	3
1.00	36	1.0167	1.4311	1.5361
2.00	36	1.0671		
3.00	36			
4.00	36			
Sig.		.433	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = .020.

- a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 36.000.
- b. The group sizes are unequal. The harmonic mean of the group sizes is used. Type I error levels are not guaranteed.
- c. Alpha = .05.

10.2. Comparación múltiple del alimento

**ABSORBANCIA**

Tukey HSD

TRAT	N	Subset for alpha = 0.05			
		1	2	3	4
10.00	8	79.56731			
11.00	8	80.16026			
12.00	8	81.23397	81.23397		
7.00	8	82.36127	82.36127	82.36127	
8.00	8		83.23896	83.23896	
3.00	8		83.63533	83.63533	
6.00	8			84.49887	
4.00	8			84.68290	
5.00	8			84.71121	
9.00	8			84.79167	
2.00	8			85.26331	
1.00	8				88.33522
Sig.		.089	.244	.065	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 8.000.