



**COLEGIO DE POSTGRADUADOS**

**INSTITUCION DE ENSEÑANZA E INVESTIGACION EN CIENCIAS AGRÍCOLAS**

**CAMPUS MONTECILLO**

**POSTGRADO DE RECURSOS GENÉTICOS Y PRODUCTIVIDAD**

**GANADERÍA**

**EFFECTO DEL AYUNO SOBRE  
VARIABLES FISICAS Y QUIMICAS DE  
LA CARNE DE CONEJO**

JOSE GUADALUPE CORNEJO ESPINOZA

T E S I S  
PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL  
PARA OBTENER EL GRADO DE:

MAESTRO EN CIENCIAS

MONTECILLO, TEXCOCO, EDO. DE MEXICO

2015

**EFFECTO DEL AYUNO SOBRE VARIABLES FISICAS Y  
QUIMICAS DE LA CARNE DE CONEJO**

La presente tesis titulada: Efecto del ayuno sobre variables físicas y químicas de la carne de conejo realizada por el alumno: Jose Guadalupe Cornejo Espinoza 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 GENETICOS Y PRODUCTIVIDAD  
GANADERIA**

**CONSEJO PARTICULAR**

CONSEJERO

  
\_\_\_\_\_  
Dr. Arturo Pro Martínez


ASESOR

  
\_\_\_\_\_  
Dr. F. Víctor Conde Martínez

ASESOR

  
\_\_\_\_\_  
Dra. Aleida Selene Hernández Cázares

ASESOR

  
\_\_\_\_\_  
Dra. Elvia López Pérez

Montecillo, Texcoco, Estado de México, Junio 2015

# EFFECTO DEL AYUNO SOBRE VARIABLES FISICAS Y QUIMICAS DE LA CARNE DE CONEJO

Jose Guadalupe Cornejo Espinoza, MC.

Colegio de Postgraduados, 2015

## RESUMEN

El efecto de la duración del ayuno ante-mortem en la calidad de carne de conejo, ha sido poco estudiado. Se utilizaron 180 conejos machos de la raza Nueva Zelanda de  $2.0 \text{ kg} \pm 0.04$  de peso vivo (PV), los cuales se distribuyeron en cuatro tratamientos (0, 4, 8 y 12 h de ayuno). Se empleó un diseño estadístico completamente al azar, con el peso vivo al sacrificio como covariable. Se evaluó, las pérdidas de PV, el rendimiento de la canal, el pH inicial y final (24 h) de la carne; además del color, la capacidad de retención de agua (CRA) y las pérdidas de cocción en el músculo *longissimus dorsi* y la fuerza de corte. El PV disminuyó 0, 31, 54 y 76 g del peso inicial, según el orden de los tratamientos. El rendimiento de la canal con 12 h de ayuno aumentó con respecto al testigo. El pH inicial fue mayor con 8 h respecto al resto de los tratamientos; sin embargo, el pH final fue menor con 12 h de ayuno con respecto al testigo. El color no se modificó por efecto de tratamientos. La CRA disminuyó en las canales con 8 h de ayuno con respecto al testigo; también con este mismo periodo de tiempo mejoró la suavidad de la carne debido a una menor fuerza de corte. Los conejos con periodos de ayuno más largos mostraron un mejor comportamiento que los de menor tiempo, por lo que aplicar un ayuno de entre 8 y 12 h no modificaron aspectos importantes en la calidad de la carne de conejos.

Palabras Clave: ayuno, conejo, calidad de la carne, pH.

# EFFECT OF FASTING ON PHYSICAL AND CHEMICAL VARIABLES OF RABBIT MEAT

Jose Guadalupe Cornejo Espinoza, MC.

Colegio de Postgraduados, 2015

## ABSTRACT

The effect of fasting duration ante-mortem on meat quality of rabbit has been little studied. Were used 180 male rabbits of New Zealand of  $2.0 \pm 0.04$  kg of live weight, distributed in four treatments (0, 4, 8 and 12 h of fast). Was used a completely randomized design with the live weight slaughter as covariate. This study determined the live weight, the carcass yield, the pH initial and final (24 h) of the meat; and color, water holding capacity (WHC), cooking losses and the shear force in the *longissimus dorsi* muscle. The live weight decreased 0, 31, 54 and 76 g in order of the treatments. The carcass yield with 12 h of fast was higher that the control. The initial pH was higher with 8 h of fast; however, the final pH was lower with 12 h of fasting compared with the control. The color did not differ for effect of treatments. The WHC decreased in the carcasses with 8 h of fast and differed with the control; Also, with the same period improved the softness of the meat owing to a less shear force. Rabbits with longer periods of fast had a better performance than less time; therefore, apply fasting periods for 8 to 12 h did not affected important aspects of meat quality of rabbits.

Key words: fast, rabbit, meat quality, pH.

## AGRADECIMIENTOS

Sin duda la realización de esta tesis no solo es el fruto de un arduo trabajo del autor, sino de un sinfín de colaboradores, familia, amigos, profesores, instituciones y más que me acompañaron durante esta etapa de mi vida y que sin ellos no hubiese sido posible la realización de este trabajo; como agradecimiento a todo lo que ellos brindaron es por ello que a continuación los cito.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por el apoyo económico brindado para la realización de este trabajo.

Al Colegio de Posgraduados por la oportunidad que medio para acceder a una educación de calidad.

A mis padres Gilberto Cornejo Guerrero y Rosa María Espinoza Velázquez, por el apoyo brindado en las buenas y malas situaciones. Gracias a ustedes he logrado formarme hasta lo que soy ahora, por sus consejos que han servido como guía en esta vida, que dios los bendiga.

A mi esposa Claudia Alejandra Peña de Benito e hijas Zacnite Yaretzi e Inda Jani Cornejo Peña, que soportaron esta travesía a mi lado. Por los días de estudio, exámenes y días de ausencia que tuve que dedicar al logro de este trabajo. Por el apoyo incondicional cada día de mi vida, gracias.

Al Dr. Arturo Pro Martínez por la confianza que tuvo al inicio, durante y final de este periodo de estudio, gracias. Sin duda por la paciencia otorgada para mi formación académica, por su amistad, consejos y tiempo, muchas gracias.

Al resto de los doctores, amigos y más, que participaron en mi formación académica, y que sin duda me ayudaron a ser una mejor persona. Por su tiempo, conocimientos y amistad una abrazo a todos ustedes.

## CONTENIDO

<b>1.- INTRODUCCION.....</b>	<b>1</b>
<b>2.- MARCO TEORICO.....</b>	<b>5</b>
<b>2.1- Estructura y función del músculo.....</b>	<b>5</b>
2.1.1.- Color de la carne.....	8
2.1.2.- Capacidad de retención de agua (CRA).....	8
2.1.3.- El pH.....	9
2.1.4.- Textura.....	10
<b>2.2.- FACTORES ANTEMORTEM QUE AFECTAN LA CALIDAD DE LA CARNE. 10</b>	<b>10</b>
2.2.1.- Efectos del medio ambiente.....	10
2.2.2.- Efecto de la nutrición.....	11
2.2.3.- Condiciones de pre-sacrificio.....	11
2.2.4.- Condiciones de aturdimiento.....	12
2.2.5.- Factores geneticos.....	13
<b>3.- OBJETIVOS E HIPÓTESIS.....</b>	<b>14</b>
<b>3.1.- OBJETIVO GENERAL.....</b>	<b>14</b>
<b>3.2.- OBJETIVO PARTICULAR.....</b>	<b>14</b>
<b>3.3.- HIPÓTESIS.....</b>	<b>14</b>
<b>4.- MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>	<b>15</b>
4.1.- Localización.....	15
4.2.- Animales y diseño experimental.....	15
4.3.- Determinación de las pérdidas de peso.....	15
4.4.- Determinación de pH.....	16
4.5.- Determinación de las pérdidas por cocción (PCC).....	17
4.6.- Determinación de la fuerza de corte.....	18
4.7.- Determinación de la capacidad de retención de agua (CRA).....	19
4.8.- Análisis estadístico.....	19
<b>5.- RESULTADOS.....</b>	<b>21</b>
<b>6.- DISCUSIÓN.....</b>	<b>24</b>
<b>7.- CONCLUSION.....</b>	<b>30</b>
<b>8.- LITERATURA CITADA.....</b>	<b>30</b>

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1.- Estados con reporte de producción de conejo en México .....	2
Figura 2.- Organización de la fibra muscular.....	6
Figura 3.- Rutas metabólicas para la generación de energía en el músculo. ....	7
Figura 4.- Colocación del electrodo de punción para la lectura de pH.....	17
Figura 5.- Extracción de carne de lomo de conejo para medir la fuerza de corte con Warner-Bratzler (g/cm <sup>2</sup> ). ....	18



## LISTA DE CUADROS

Cuadro 1.-Promedios de la composición química y valor energético de carnes (100 g de carne). .....	3
Cuadro 2.- Valor promedio de la composición de ácidos grasos (% ácidos grasos totales) y contenido de colesterol (mg/100g de carne) de diversas carnes. ....	3
Cuadro 3.- Contenido mineral de diferentes carnes (mg/100 g carne) .....	4
Cuadro 4.- Medias de mínimos cuadrados de los parámetros físicos sujetos a diferentes tiempos de ayuno. ....	21
Cuadro 5.- Medias de mínimos cuadrados de las variables de calidad 24h post-mortem en carne de conejos sometidos a diferentes tiempos de ayuno.....	22

## **1.- INTRODUCCION.**

La cunicultura en México es una actividad enfocada a la producción de carne de alta calidad para las familias mexicanas (Garcia-Lopez *et al.*, 2006). En el año 2006 la Asociación Nacional de Cunicultores de México (ANCUM) en coordinación con la Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA) realizaron un censo agropecuario donde se observa que el 84% de los productores de conejo está en un sistema de producción de traspatio, 14% en semiintensivo, y solo el 2% en intensivo o industrial.

El poco interés por el desarrollo de una cunicultura económicamente estable por parte de autoridades e incluso del mismo productor, deriva en un estancamiento de los sistemas de producción, generando muchas deficiencias, por ejemplo, los productos ofertados al mercado son poco valorados e incluso desconocidos, debido a que los bajos niveles de producción no permiten crear una gran demanda. Además, el consumo de carne de conejo es afectado por factores culturales y económicos siendo uno de los principales problemas a los que la cunicultura mexicana se ha enfrentado durante su desarrollo, por lo que el consumo está focalizado a algunas regiones de México en 10 estados de la República Mexicana (Figura 1)(ANCUM, 2006).

El consumo per cápita de carne de conejo en México no es perceptible en las estadísticas nacionales; sin embargo, los cambios en los hábitos alimenticios de la población mexicana en los últimos años cambiaran esta situación al permitir que alimentos más saludables empiecen a tener una mayor demanda en el mercado, un ejemplo de esto es la carne de conejo.

Una ventaja importante al comercializar carne de conejo en México es que no se cuenta con ningún tipo de zoonosis; además, con los bajos índices de producción no es necesario utilizar algún tipo de medicamento que permita encontrar residuos en la carne comparado con la de otras especies como aves o bovinos; sin embargo, la falta de infraestructura en el manejo de la carne de conejo podría ocasionar que llegue contaminada al mercado.

En México, los centros de sacrificio especializados para conejos son muy escasos, lo que obliga a movilizar a los animales grandes distancias o a sacrificarlos en la misma granja (Jolley, 1990). La falta de regularizaciones en México y en otros países sobre el manejo y matanza de conejos tienen muchas implicaciones económicas (Jolley, 1990; Szendro y Kustos, 1992), por sus efectos sobre la canal y el peso vivo, incluso con aspectos de bienestar animal (Lambertini *et al.*, 2006).

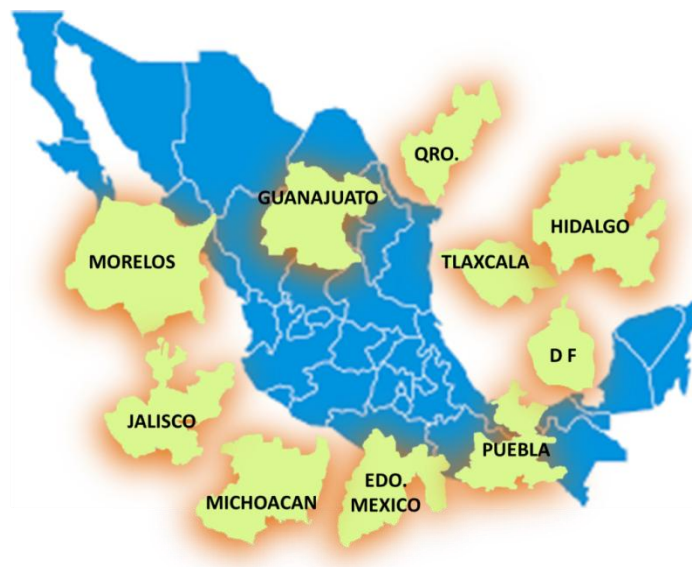


Figura 1.- Estados con reporte de producción de conejo en México.

En México, la matanza se lleva a cabo siguiendo los lineamientos establecidos en la norma NOM-300-ZOO-1995 y el Manual de Buenas Prácticas de Manufactura (MBPM) elaborado por el Servicio Nacional de Sanidad Inocuidad y Seguridad Agroalimentaria (SENASICA); siendo la dislocación cervical la práctica más común entre productores.

A pesar de estas circunstancias la carne de conejo ha sido considerada como un producto de buena calidad nutricional, por el bajo contenido de grasa saturada y el alto valor biológico de la proteína (Cuadro 1).

**Cuadro 1.-Promedios de la composición química y valor energético de carnes (100 g de carne).\***

	<b>Cerdo</b>	<b>Bovino</b>	<b>Pollo</b>	<b>Conejo</b>
<b>Agua (g)</b>	70.5	69.1	72.2	70.8
<b>Proteína (g)</b>	18.5	19.5	20.1	21.3
<b>Grasa (g)</b>	8.7	9	6.6	6.8
<b>Energía (kJ)</b>	639	665	586	618

\*Tomada de Zotte (2002).

La cantidad total de ácidos grasos insaturados en la carne de conejo representa del 54 al 60% de los ácidos grasos totales (Cuadro 2) y la cantidad de los ácidos grasos poli insaturados (PUFA) representan más del 23% de los ácidos grasos, más de lo reportado para otras carnes, incluyendo la de pollo (Zotte and Szendrő, 2011); y además, es rica en potasio, fósforo y magnesio (Cuadro 3).

Además la carne es rica en los los (n-6) and (n-3) (Cuadro 2) y algunos de cadena larga considerados en los PUFA (Zotte, 2002), pero una característica importante es la diferenciación entre un músculo y otro, por ejemplo en el músculo *Longissimus dorsi* es de 1–2% y en pierna de 3–4% (Zotte *et al.*, 1996; Zotte and Szendrő, 2011).

**Cuadro 2.- Valor promedio de la composición de ácidos grasos (% ácidos grasos totales) y contenido de colesterol (mg/100g de carne) de diversas carnes.\*\***

	Cerdos	Bovinos	Pollo	Conejo	
				canal	pierna
C12:0	0.32	–	–	0.24	0.15
C14:0	1.22	2.52	0.62	3.14	2.25
C16:0	23.7	23.3	23.2	27.3	28.2
C18:0	11.7	13.7	8.2	7.9	7.6
C20:0	–	–	–	0.1	0.06
C22:0	–	–	–	0.004	–
<b>SFA*</b>	<b>37</b>	<b>39.5</b>	<b>32</b>	<b>38.6</b>	<b>40.1</b>
C14:1 (n-6)	–	–	–	0.45	0.11
C16:1	3.14	4.2	5.62	6.67	2.33
C18:1 (n-9)	41.3	38.2	35.4	25.4	19.9
C20:1 (n-9)	–	–	–	0.31	0.19
<b>MUFA<sup>†</sup></b>	<b>44.4</b>	<b>42.4</b>	<b>41</b>	<b>32.8</b>	<b>22.7</b>
C18:2 (n-6)	14.3	6.3	20.1	20.7	30.7
C18:3 (n-3)	0.55	0.91	0.49	3.14	2.98
C20:4 (n-6)	3.63	2.36	3.64	0.032	3.12
C20:5 (n-3)	–	–	0.17	0.01	0.03
C22:6 (n-3)	–	–	0.66	0.008	–
<b>PUFA<sup>‡</sup></b>	<b>18.5</b>	<b>9.5</b>	<b>25.1</b>	<b>23.9</b>	<b>37.3</b>
n-6/n-3	32.5	9.5	18	6.7	11.6
Colesterol	61	70	81	45	60

\*\*Tomado de Zotte (2002).

\*Saturated Fatty Acid

<sup>†</sup> Monounsaturated Fatty Acid.

<sup>‡</sup> Polyunsaturated Fatty Acid

Sin embargo, este tipo de grasa en la carne de conejo aumenta su deterioro durante el procesamiento y almacenaje, ya que la oxidación lipídica reduce la vida útil, cambia el color y otorga sabores no deseables (Zotte, 2002).

**Cuadro 3.- Contenido mineral de diferentes carnes (mg/100 g carne).\***

	Cerdo	Bovino	Pollo	Conejo
<b>Ca</b>	7–8	10–11	11–19	2.7–9.3
<b>P</b>	158–223	168–175	180–200	222–234
<b>K</b>	300–370	330–360	260–330	428–431
<b>Na</b>	59–76	51–89	60–89	37–47
<b>Fe</b>	1.4–1.7	1.8–2.3	0.6–2.0	1.1–1.3
<b>Selenio (µg)</b>	8.7	17	14.8	9.3–15

\*Tomado de Zotte y Szendrő (2011).

## **2.- MARCO TEORICO**

### **2.1- Estructura y función del músculo.**

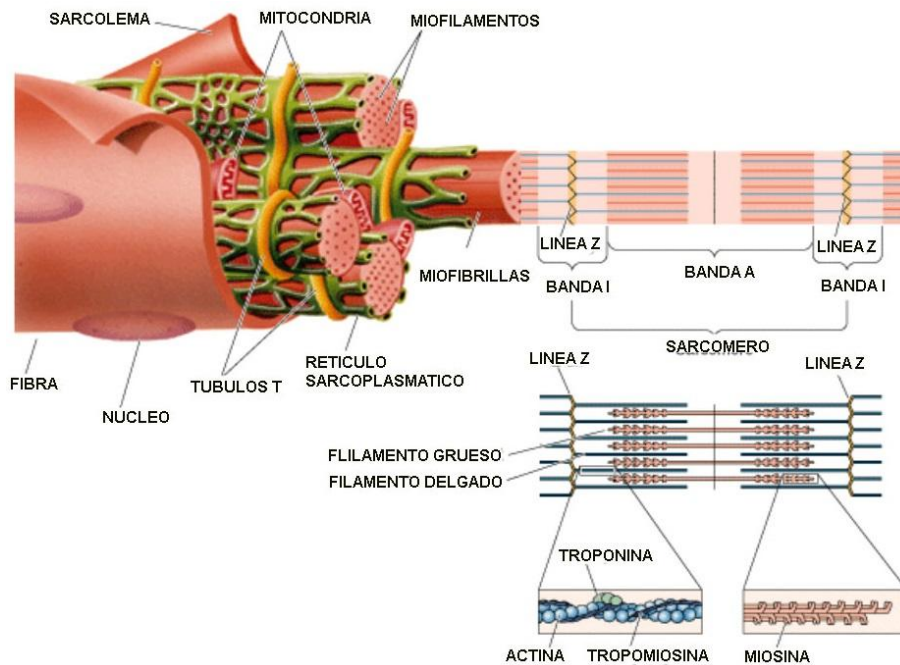
Los músculos varían en su composición, tamaño, forma (triangular fusiformes, largos o cortos, anchos o angostos), tipo (unido a hueso, cartílago o ligamentos), en asociación con otros tejidos, y su acción (rápidos o lentos, prolongado o intermitente) (Lawrie, 1985; Bottinelli y Reggiani, 2000). Están compuestos principalmente de tejido conectivo y pequeñas proporciones de tejido epitelial y nervioso; constituye del 35 al 65% del peso de las canales comerciales, cuya composición es 75% de agua y 18% de proteínas (Santos, 1995).

La unidad estructural del músculo entre 75 y 92% son fibras. Las cuales son células multinucleadas que pueden estirarse, aunque difieren de un musculo a otro, entre especies, razas y sexos (Santos, 1995; Klont *et al.*, 1998; Choe *et al.*, 2008; Lee *et al.*, 2010), incluso la concentración de estas fibras también varía de un músculo a otro (Lawrie, 1985).

Las fibras musculares no están unidas al hueso para ejercer movimiento o para aplicar una fuerza; el endomisio, perimio y epimio cubren de tejido conectivo (o tendones) a las fibras para unirse al hueso. El epimio es una cubierta de que envuelve al músculo completo; el perimio separa las fibras musculares, además, contiene grandes vasos sanguíneos y nervios (también contiene la grasa llamada intramuscular o marmoleo de la carne). Al mismo tiempo, cada fibra está rodeada del mismo tejido conocido como endomisio, el grueso de esta envoltura determinara la textura del músculo. (Lawrie, 1985; Santos, 1995)

Cada fibra contiene los llamados miofilamentos, donde se encuentran los sarcómeros que son las unidades contráctiles del músculo. Al microscopio se observan dos tipos de bandas, las bandas I y bandas A (Figura 2). En las bandas I es donde se concentran las moléculas de actina; en las bandas A se encuentran las moléculas de miosina, que mantienen su ordenamiento trasversal y longitudinal mediante gruesas bandas cruzadas conocidas como líneas M. La banda I está dividida por una banda llamada línea Z, la porción de una miofibrilla comprendida entre dos líneas Z se llama

sarcómero, el cual comprende una banda A y dos medias bandas I que se localizan a cada lado de la banda A (Santos, 1995; Lawrie, 1985).



**Figura 2.- Organización de la fibra muscular.**

Al interior del sarcómero hay dos tipos de miofilamentos que están constituidos por las proteínas miosina y actina (Santos, 1995). Los filamentos unidos a la línea Z su componente principal es la actina, formando dos cadenas en doble hélice donde las subunidades proteicas son aproximadamente esféricas; el otro tipo de filamentos tienen un patrón hexagonal y la principal proteína en su estructura es la miosina, que está rodeado por seis filamentos de actina también hexagonalmente (Figura 2). Otra proteína ligada a los filamentos con actina es la tropomiosina o que consta de tres unidades: la troponina T, C e I, ubicada sobre cada sitio activo de la actina.

Cuando el músculo se contrae es el resultado de un impulso nervioso, que ocasiona una despolarización y la pérdida de la impermeabilidad del ion  $Ca^{++}$ . Esto ocasiona que la troponina C se sature y libere el sitio activo de la actina para la unión de complejo actina-miosina.

La principal fuente de energía para el músculo es la resíntesis del ADP, reacción que esta principalmente regulada por: la vía de la glucólisis, el ciclo de los ácidos

tricarboxílicos y cadena respiratoria, que tienen como principal función la liberación de energía química (Vetharaniem *et al.*, 2010). En condiciones normales la síntesis de ATP es igual al gasto de ATP. Cuando las cantidades de oxígeno no son suficientes para la producción de ATP por la vía aeróbica se activan otras rutas como:

**Glucogenólisis:** proceso bioquímico donde se forma glucosa a partir de reservas de glucógeno, que se metabolizará hasta Ciclo de Krebs y Cadena respiratoria, en un medio aeróbico, cuando el medio es anaeróbico llega hasta la activación del Ciclo de Cori, donde el glucógeno se degrada hasta piruvato y este a su vez a lactato, el cual es llevado mediante proteínas transportadoras hasta el hígado, donde se transforma a glucosa con un gasto de energía, por lo que se hace un proceso ineficiente (Figura 3).

**La ruta glucosa-alanina:** donde mediante una transaminación de la alanina, se produce piruvato, el cual puede introducirse de nuevo a la vía de la glucólisis.

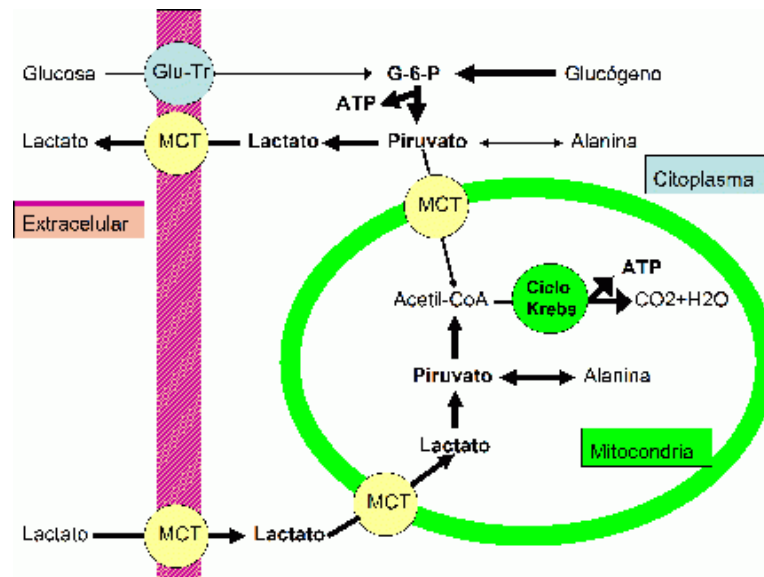


Figura 3.- Rutas metabólicas para la generación de energía en el músculo.

Hay dos rutas más que son consideradas como reacciones de equilibrio, la primera es la reacción de la creatina quinasa en la que se une un P<sub>i</sub> y una molécula de ADP para formar ATP; y la segunda que es la reacción de la mioquinasa, que implica la formación de ATP mediante la unión de dos moléculas de ADP (Choe *et al.*, 2008; Vetharaniem *et al.*, 2010).



Los pasos en los que el glucógeno es degradado a ácido láctico en el músculo cuando hay una ineficiencia del flujo de oxígeno son prácticamente los mismos que cuando hay oxígeno (figura 3) y estará influenciado por otros factores como el estrés previo al sacrificio provocando la disminución de las reservas de glucógeno.

El proceso de formación de lactato sigue hasta que se detienen las enzimas que intervienen en la glucólisis y otros procesos; lo cual se debe al valor de pH que es aproximadamente de 5.5, el cual es similar para muchas proteínas y enzimas (Hamm , 1976; Lawrie,1985). Estos valores se alcanzan ya que la producción de ácido láctico es constante y la movilización hacia el hígado es nula.

Actualmente la disminución del pH ha sido relacionado con la instauración del *rigor mortis*; la velocidad en la que el pH disminuye, afectará la velocidad de instauración del rigor (Bendall y Davey, 1957; Vetharaniam *et al.*, 2010); también se puede ocasionar un cambio en el color de la carne, si el pH disminuye muy rápido el color será pálido, si desciende muy lento el color torna a oscuro.

#### **2.1.1.- Color de la carne**

El efecto de esta variable está relacionada con la oxidación de la mioglobina donde se transforma a meta mioglobina, lo que causa que la coloración de la carne pase de un color rojizo brillante a un color parduzco (Hernández, 1997; María *et al.*, 2006). En la carne de conejo las concentraciones de hierro en promedio son de 1.3 y 1.1 mg/100 g en pierna y lomo, respectivamente similares a los de otras carnes blancas como el pollo.

Los parámetros de coloración en la carne más comúnmente medidos son la luminosidad (L\*), rojo (a\*), amarillo (b\*), hue (h\*) para evaluar el tono y el Croma (C\*) para la coloración.

#### **2.1.2.- Capacidad de retención de agua (CRA).**

La CRA de acuerdo con deMan (1990) se relaciona directamente a las proteínas del músculo, y en particular con el complejo actina-miosina; de ésta variable depende el comportamiento durante su cocinado, la sensación durante la masticación, y su

aparición en fresco, siendo éste último uno de los aspectos más importantes (María *et al.*, 2006; Pearce *et al.*, 2011).

También se relaciona con la velocidad de descenso del pH, debido a que hay una desnaturalización de proteínas sarcoplásmicas (Pearce *et al.*, 2011; Huff-Lonergan y Lonergan, 2005). Este efecto lo explicaron Zotte *et al.* (1995), quienes mencionan que ocurre debido a que las proteínas son llevadas hasta su punto isoeléctrico que resulta en una baja hidratación.

El manejo de la canal post-mortem es importante, ya que la canal pierde agua por goteo o por evaporación superficial, debido a la diferencia de temperaturas con el medio ambiente; una canal de conejo puede disminuir su temperatura hasta 7°C en menos de dos horas (Ouhayoun y Delmas, 1988); lo que puede causar un grave problema ya que las canales de conejo están desprovistas de una cobertura adiposa aislante (María *et al.*, 2006), de 2 a 3% las de pérdidas con respecto al peso de canal caliente.

### **2.1.3.- El pH.**

Durante el proceso del rigor mortis el pH depende principalmente del metabolismo energético de los músculos que se produce tras la muerte del animal (Hulot y Ouhayoun, 1999). El pH final es definido como valor de pH obtenido entre las 2-10 h después de haber terminado el rigor; de manera práctica este se mide dentro de las 24-48 h post mortem (Jolley, 1990).

El pH en músculo de conejos vivos está cercano a la neutralidad y disminuye muy rápido dentro de los primeros 30 minutos después de la matanza (Hulot y Ouhayoun, 1999). El pH final de la carne de conejo se alcanza cerca de las 4 h post mortem (Bendall, 1976; Dransfield *et al.*, 1980). Los tiempos para alcanzar el rigor y el pH final son prácticamente rápidos, por lo que la canal pálida suave y exudativa PSE puede ser un problema (Blasco y Piles, 1990).

A nivel industrial el pH final es el principal parámetro usado como medida de calidad de carne (María *et al.*, 2006). Debido a que esta variable muestra una fuerte correlación

con el color, textura, capacidad de retención de agua, y la vida de anaquel del producto (Hulot y Ouhayoung, 1999).

En base al pH la carne puede clasificarse como PSE cuando el valor es menor a seis (Woelfel *et al.*, 2002); cuando el pH supera el valor de 6 entonces se considera como una carne oscura, firme y seca (Quiao *et al.*, 2002). Por lo que lo recomendable es que se el valor de pH de encuentre lo más cercano a 6.

#### **2.1.4.- Textura.**

La textura es una característica estrechamente relacionada con el tipo de fibra y cantidad de colágeno del músculo, que puede ser afectada por procesos metabólicos post-mortem. A causa del agotamiento de energía, el músculo se contrae produciendo un endurecimiento parcial de la carne el cual se reduce durante la maduración post mortem, debido al efecto de diversas enzimas proteolíticas (catepsinas, calpainas y proteosomas) (Hernández, 1997; María *et al.*, 2006).

La prueba más común para correlacionar la evaluación sensorial de dureza con la instrumental es midiéndolo con un texturómetro mediante un dispositivo Warner-Bratzler, que consta en el uso de una muestra de carne cocida que es cortada por una navaja simulando la aplicación de una fuerza máxima de corte (deMan, 1990).

## **2.2.- FACTORES ANTEMORTEM QUE AFECTAN LA CALIDAD DE LA CARNE.**

### **2.2.1.- Efectos del medio ambiente.**

La temperatura ambiental a la cual son sometidos los animales antes de la matanza es una característica de alto impacto sobre la canal; este problema ha sido muy estudiado en otras especies como aves, cerdos y bovinos, principalmente estudiado como estrés calórico, el cual tiene sus repercusiones al presentar en su mayoría el tipo de carnes PSE carnes que tienden a liberar un exceso de agua provocando pérdidas económicas considerables.

### **2.2.2.- Efecto de la nutrición.**

Se han realizado varios experimentos donde el efecto de la nutrición en conejos ha mostrado ser un punto importante sobre la calidad de la carne. Se conoce que el conejo es capaz de regular su consumo con base en la concentración de nutrientes del el alimento que consume.

Una característica en la nutrición de conejos es que ellos requieren de una ingesta de fibra de entre 130 y 150 g/Kg, lo que complica que se alcancen altas concentraciones de energía, este problema se ha reducido mediante la incorporación de grasas en las dietas; Christ et al. (1996) evaluaron la inclusión altos niveles de grasa en la dieta y señalan que hay un aumento en la cantidad de grasa corporal y disminuye la cantidad total de agua y proteína. A pesar de que es muy basta la investigación sobre la inclusión de grasa en las dietas de conejos sobre el contenido de grasa de la canal, muy pocas están relacionadas con propiedades sensoriales como jugosidad, sabor, dureza o con el cocinado de la carne.

Por otro lado, (Zotte, 2002 y Gondret *et al.*, 1999) han evaluado el efecto de la restricción alimenticia a fin de disminuir los costos de la alimentación, encontrado que al someter a los conejos a una restricción del 85% se ven afectadas las características como el crecimiento, la eficiencia alimenticia, el rendimiento de la canal, la adiposidad y el contenido lipídico).

Otra forma de influir sobre las características de la canal de conejo es mediante el uso de nuevos ingredientes en la alimentación, por ejemplo, la implementación de la remolacha azucarera con la cual se ha demostrado que en sustitución de la harina de alfalfa o de la cebada, aumenta la relación carne-hueso y el porcentaje de grasa (Cobos *et al.*, 1995).

### **2.2.3.- Condiciones de pre-sacrificio.**

La velocidad de instauración del rigor en conejos dependerá de la actividad y el manejo inmediatamente antes y después del aturdido (Jolley, 1990). El efecto de tratamientos ante mortem en los conejos no ha sido estudiado totalmente, algunos autores muestran ventajas en cuanto a la implementación de tratamientos de ayuno o de transporte, sin

embargo, en el caso del transporte se ha reportado la aparición de carnes oscuras firmes y secas (DFD, por sus siglas en inglés), debido al incremento en el gasto de glucógeno (Jolley, 1990) e incrementos en las pérdidas de peso, pero cuando son evaluadas instrumentalmente o sensorialmente no se han encontrado diferencias e incluso en algunos casos se han mostrado mejores resultados.

El tipo de conejos comercializados en México varía mucho entre regiones; sin embargo, es común encontrar canales con un peso de entre 1 y 1.3 kg, incluso se ha demostrado que el peso de los animales se relaciona con la suavidad de la carne y la calidad de la misma, Conesa-Gimeno *et al.* (1990) concluyen que la calidad de la carne no se ve afectada por el peso vivo o por el sexo aunque si hay efecto sobre el tamaño de la canal.

Los productores trasladan los animales al rastro sin ayuno, con la finalidad de evitar pérdidas de peso, aun cuando se han realizado diversos estudios donde se muestra que las pérdidas de peso se deben al transporte de los conejos principalmente (Coppings *et al.*, 1989; Lambertini *et al.*, 2006); también Black-Cleworth y Verberne (1975) mencionan que si los conejos son expuestos a nuevos ambientes, la defecación y la excreción de orina ocurre dentro de los 6 minutos siguientes.

Además la fuerza de corte en carne cruda de conejos transportados por largos tiempos fue mayor comparada con animales sometidos a un transporte corto, esto debido al aumento del pH final, lo que aumenta la capacidad de retención de agua, por lo tanto una consistencia firme y seca de la carne (Lambertini *et al.*, 2006). También Dal Bosco *et al.* (1997) encontraron que en lomo y pierna de conejos con un transporte largo, el color es más oscuro y rojo.

#### **2.2.4.- Condiciones de aturdimiento.**

Ouhayoun (1987) y Hulot y Ouhayoun, (1999) mostraron que el mejor nivel de turdimiento para conejos es a 270 V a 50 Hz donde a pesar de que la descarga provoca una liberación de adrenalina acelerando el proceso de rigor, no se han reportado cambios importantes en el pH final; además mencionan que en el caso de utilizar un nivel de energía de 4000 Hz se provocan fuertes contracciones que pueden

provocar fracturas de hueso y además puede ser peligroso para las personas que laboran en el proceso.

En conejos aturdidos violentamente Jolley (1990) menciona que hay un cambio del pH inicial de hasta 7 comparado con el observado en animales con un aturdimiento moderado a pH de 6.5.

#### **2.2.5.- Factores genéticos.**

La variabilidad genética entre líneas puras y un híbrido de conejos actualmente es muy grande, en la actualidad algunos programas de selección se han enfocado en el aspecto de crecimiento rápido y una de las principales consecuencias en este tipo de selección es la precocidad del animal por lo que la composición corporal del mismo es muy diferente a la de un adulto.

Diversos trabajos se han realizado en planes de selección en donde se ha mejorado la suavidad, capacidad de retención de agua, la disminución del pH, el sabor y la concentración lipídica, concluyéndose que los programas de selección pueden ayudar en la mejora de la calidad de la carne (Ouhayoun y Zotte, 1993; Hernández *et al.*, 1998; Piles *et al.*, 2000).

### **3.- OBJETIVOS E HIPÓTESIS**

#### **3.1.- OBJETIVO GENERAL**

Evaluar el efecto del ayuno en las propiedades físico-químicas de la carne conejo

#### **3.2.- OBJETIVO PARTICULAR**

Determinar las propiedades físicas y químicas de la carne de conejos a distintos tiempos de ayuno.

#### **3.3.- HIPÓTESIS**

El tiempo de ayuno induce cambios en la calidad de la carne de lomo de conejo.

## **4.- MATERIALES Y MÉTODOS**

### **4.1.- Localización**

El presente experimento se realizó en las instalaciones del Colegio de Postgraduados Campus Montecillos, ubicado en la Carretera México-Texcoco Km. 36.5, Montecillo , Texcoco 56230, Estado de México, localizado a 19°27'55.49" de latitud Norte y 98°54'18.79" de longitud Oeste a una altura de 2245 msnm.

### **4.2.- Animales y diseño experimental.**

Se compraron 180 conejos machos de la línea Nueva Zelanda (2.0 kg de PV) dos días previos a la matanza, distribuidos en cuatro fechas dado el bajo nivel de producción de la región; se alojaron individualmente en jaulas de 40x70x40cm, se alimentaron con pellets comerciales y se asignaron aleatoriamente los cuatro tratamientos, que consistieron en retirar el alimento y el agua a 0 (testigo), 4, 8 y 12 h previas a la matanza. Cada tratamiento constó de 45 conejos. Durante los días de adaptación los animales se alimentaron con el mismo alimento de la granja de procedencia.

### **4.3.- Determinación de las pérdidas de peso.**

Para determinar las pérdidas de peso vivo (PV) se registró el peso de cada animal al inicio de los tratamientos y antes de la matanza, para poder calcular por diferencia las pérdidas de peso durante el periodo de ayuno.

El peso de la víscera torácica (pulmones, corazón, y tráquea) se registraron sin lavarse con agua (Blasco *et al.*, 1992). El hígado se pesó por separado de la canal sin considerar la vesícula.

También, se registró el peso de las vísceras digestivas y urinarias llenas (PVLL) que contenían restos de alimento, contenido del ciego y los intestinos, heces y orina; así como las vísceras digestivas y urinarias vacías (PVV), las cuales se les retiró todo el contenido se lavaron y secaron durante 2 h, expresadas como porcentaje del peso vivo a la matanza, las vísceras contempladas fueron el estómago, intestinos, tracto



urogenital y la vejiga (De Blas, 1992; Blasco y Ohuayoun, 1993). El cálculo del peso del contenido digestivo y urinario (PCDU) fue con la ecuación  $PCDU = PVLL - PVV$ .

#### **4.4.- Determinación de pH.**

Durante los primeros 15 min después de la matanza y una vez retirada la piel, se midió el pH inicial (pH<sub>i</sub>) (Lambertini *et al.*, 2006) mediante una lectura directa, con un medidor de pH portátil (HANNA INS. INC. Mod. HI 99161. Rhode Island, USA.) provisto de un electrodo de punción, que se colocó entre la sexta y séptima vértebra lumbar del lado derecho de la canal a 1.5 cm de profundidad (Boccard *et al.*, 1981). Después del eviscerado las canales se mantuvieron por 30 min en un área ventilada a temperatura ambiente (Pascual y Pla, 2007), y posteriormente se mantuvieron en refrigeración a 4 °C, hasta las 24 h *post-mortem*, donde se registró el pH final (pH<sub>f</sub>) en el mismo lugar anatómico en el que se tomó el pH<sub>i</sub>.

También se extrajo el lomo de cinco canales de conejo en cada tratamiento a las cuales se les caracterizó el desarrollo del rigor mortis a través de pH mediante lectura directa midiéndolo a 15 y 30 min, 1, 2, 4, 6, 12, 24, 48, 72 y 144 h post- mortem, manteniendo el lomo en refrigeración a 4 °C. Todas las mediciones se realizaron una vez calibrado el equipo con los tampones a pH 4,01 y 7,0, eligiendo para todas las muestras puntos similares en la carne.



Figura 4.- Colocación del electrodo de punción para la lectura de pH.

#### 4.5.- Determinación de las pérdidas por cocción (PCC)

Las pérdidas por cocción (PCC) se determinaron por diferencia de peso del lomo crudo y cocido. Para ello, el lomo crudo se pesó ( $P_i$ ) y se colocó en una bolsa de polietileno de 12 x 20 cm, en un baño de agua a 75 °C hasta alcanzar una temperatura interna de 70 °C (María *et al.*, 2006), después se extrajo el lomo de la bolsa y se mantuvo 15 min a temperatura ambiente, se pesó ( $P_f$ ) y se calcularon las PCC mediante la siguiente ecuación [ $PCC = (P_i - P_f) \times 100 / P_i$ ], donde  $P_i$  es el peso antes de la cocción y  $P_f$  es el peso después de la cocción.

Después de la cocción los lomos se mantuvieron en refrigeración a 4 °C envueltos en papel aluminio por otras 24 h para la prueba de fuerza de corte.

#### 4.6.- Determinación de la fuerza de corte

La fuerza de corte se determinó 48 h después del sacrificio en un texturómetro (Modelo EZ-SX short, Dübendorf, suiza) mediante la prueba de Warner-Bratzler. Se utilizó el músculo *Longissimus dorsi* derecho cocido de la prueba de PCC, el cual se dividió en tres porciones cortadas perpendicularmente a las fibras musculares de 2 cm de largo x 1 cm de ancho x 1 cm de alto, con una velocidad de corte de 10mm/s (Figura 4).

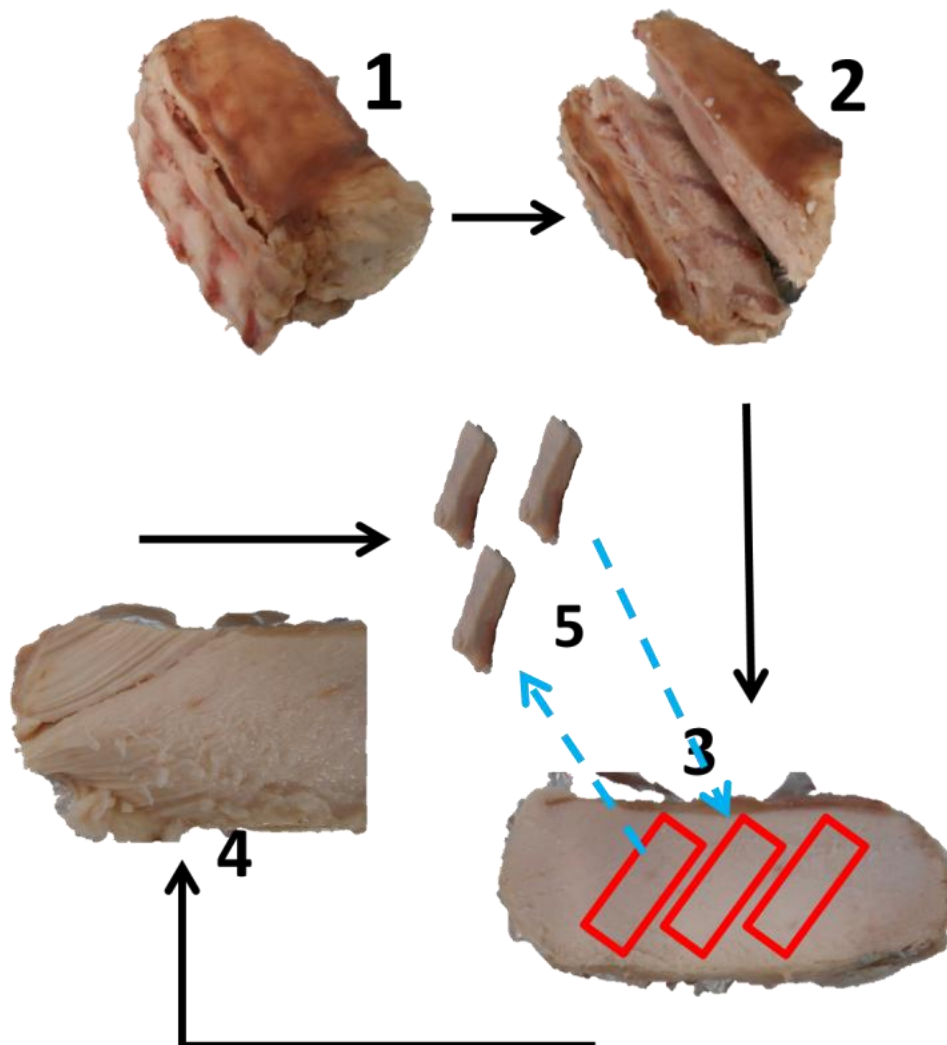


Figura 5.- Extracción de carne de lomo de conejo para medir la fuerza de corte con Warner-Bratzler ( $g/cm^2$ ).

El color de la carne (Luminosidad,  $L^*$ ; rojo,  $a^*$ ; y amarillo,  $b^*$ ) se analizó en un corte transversal de 10 mm de espesor en la parte media del músculo *Longissimus dorsi* crudo a las 24 h *post-mortem* (Boccard *et al.*, 1981; Pascual y Pla, 2007), con un colorímetro (Minolta CR-400/410, Tokio, Japón)); calculando los índices de Cromo ( $C^*$ )

y hue ( $h^*$ ) mediante las siguientes ecuaciones:  $C^* = ((a^*)^2 + (b^*)^2)^{1/2}$  y  $h^* = \tan^{-1} (b^*/a^*)$  (María *et al.* , 2006).

#### **4.7.- Determinación de la capacidad de retención de agua (CRA)**

La Capacidad de Retención de Agua (CRA) se determinó utilizando el método propuesto por Guerrero *et al.* (2002); una muestra de 2.5 g de lomo finamente picada se homogenizó con una varilla de vidrio por un minuto en 4 mL de una solución de cloruro de sodio (Marca Mollinckrodt AR. USA) 0.6 M y se dejó reposar por 30 minutos en un baño de hielo. Después se centrifugó a 10,000 r.p.m durante 15 minutos, el sobrenadante se midió en una probeta, que representa el agua no retenida.

#### **4.8.- Análisis estadístico**

Los datos se analizaron con el programa SAS 9.0 (2002) después de haber comprobado la normalidad de los datos por una prueba de BOX-COX y una prueba Wald-Wolfowitz para los residuales; Cada una de las variables de calidad se analizaron con un modelo estadístico completamente al azar con un procedimiento PROC GLM con el PV a la matanza como una covariable; y un procedimiento PROC MIXED en un diseño de medidas repetidas, que incluyó efectos fijos (tratamientos y periodos de medición) y efectos aleatorios (animal). Al encontrar diferencias entre medias se realizó una prueba de Tukey ( $P < 0.05$ ) en ambos diseños.

#### 4.8.1 – Modelo completamente al azar

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \beta + \epsilon_{ij}$$

$Y_{ij}$  = Variable respuesta en el tratamiento  $i$ , repetición  $j$ .

$\mu$  = Constante que caracteriza la población.

$\tau_i$  = Efecto del  $i$ -ésimo tratamiento de horas de ayuno.  $i = 1, \dots, 4$

$\beta$  = covariable (PV a la matanza)

$\epsilon_{ij}$  = Error experimental.  $k = 1, \dots, r$ .  $\epsilon_{ij} \sim IN(0, \sigma^2)$ .

Para la evaluación del efecto de los tratamientos sobre el desarrollo de rigor mortis se utilizaron cinco conejos. La variable evaluada fue el pH en los siguientes tiempos post-mortem: 15 y 30 min, 1, 2, 4, 6, 12, 24, 48, 72 y 144 h. Resultando para esta parte del experimento un análisis de medidas repetidas en el tiempo, mismas que se analizaron utilizando el procedimiento PROC MIXED del paquete estadístico SAS 9.0 (2002).

#### 4.8.2- Diseño de medidas repetidas en el tiempo

$$Y_{ijkl} = \mu + \tau_i + \delta_j(i) + \phi_k(ij) + \pi_l + (\tau\pi)_{il} + \epsilon_{ijkl}$$

$Y_{ijkl}$  = Variable respuesta del periodo  $k$ , repetición  $j$  y tratamiento  $i$ .

$\mu$  = Media general

$\tau_i$  = Efecto fijo del  $i$ -ésimo tratamiento ( $i = 1, \dots, 4$ )

$\delta_j(i)$  = Efecto aleatorio de la repetición anidada dentro de tratamiento ( $j = 1, \dots, 4$ )

$\phi_k(ij)$  = Efecto aleatorio del animal, anidado en la repetición ( $l = 1, \dots, 5$ )

$\pi_l$  = Efecto fijo del  $l$ -ésimo periodo ( $l = 1, 2, \dots, 11$ )

$(\tau\pi)_{il}$  = Interacción tratamiento por periodo

$\epsilon_{ijkl}$  = Error aleatorio de la variable repetida del  $j$ -ésimo animal del  $i$ -ésimo tratamiento del  $k$ -ésimo periodo

## 5.- RESULTADOS

El efecto de las horas de ayuno sobre las variables físicas y químicas de la carne de conejo se muestran en los Cuadros 4 y 5.

**Cuadro 4.- Medias de mínimos cuadrados de los parámetros físicos sujetos a diferentes tiempos de ayuno.**

	Tiempo de ayuno (h)				E. E
	0	4	8	12	
PV previo al trat (g)	2000	2080	2020	2050	38
PV sacrificio (g)	2034	2049	1966	1974	36
Pérdidas PV (g)	0 <sup>b</sup>	31 <sup>b</sup>	54 <sup>ab</sup>	76 <sup>a</sup>	0.3
Perdidas (%) <sup>*</sup>	0 <sup>c</sup>	1.5 <sup>b</sup>	2.7 <sup>ab</sup>	3.7 <sup>a</sup>	0.2
<b>V. Digestiva y urinaria</b>					
PVLL (g)	448 <sup>a</sup>	416 <sup>ab</sup>	378 <sup>b</sup>	383 <sup>b</sup>	36
VLL (%) <sup>†</sup>	22.0 <sup>a</sup>	20.3 <sup>ab</sup>	19.2 <sup>b</sup>	19.4 <sup>b</sup>	0.48
PVV (g)	140	137	132	134	11
VV (%) <sup>†</sup>	6.9	6.7	6.7	6.8	0.18
PCDU (g)	308 <sup>a</sup>	279 <sup>ab</sup>	246 <sup>b</sup>	249 <sup>b</sup>	33
CDU (%) <sup>†</sup>	15.09 <sup>a</sup>	13.61 <sup>b</sup>	12.56 <sup>b</sup>	12.61 <sup>b</sup>	0.49
Rendimiento en canal <sup>†</sup>	54.5 <sup>b</sup>	55.6 <sup>ab</sup>	56.7 <sup>a</sup>	57.6 <sup>a</sup>	0.8
Víscera torácica (%) <sup>†</sup>	1.08	1.19	1.25	1.07	0.14
Hígado (%) <sup>†</sup>	2.8 <sup>a</sup>	2.8 <sup>a</sup>	2.5 <sup>b</sup>	2.5 <sup>b</sup>	0.09

<sup>†</sup> como % del PV al sacrificio; <sup>\*</sup> como % del PV previo al tratamiento; PVLL=Peso de la Víscera Llena; PVV=Peso de la víscera vacía; VLL=Víscera Llena; VV= víscera vacía; PCDU=Peso del Contenido Digestivo y Urinario; CDU=Contenido Digestivo y Urinario; literales a, b, c representan diferencias significativas (P<0.05).

El peso de los conejos de los diferentes tratamientos al inicio y previo al sacrificio no fue significativo (Cuadro 4); sin embargo, las pérdidas de PV fueron mayores (P<0.05) con 12 h de ayuno, las cuales representaron un 3.7% del peso vivo antes de los tratamientos. Esto se ve reflejado en el peso de las vísceras ya que éstas resultaron ser menos pesadas con respecto al testigo. Así mismo, el PCDU resultó ser menor con respecto a los tratamientos de 0 y 4 h de ayuno.

El rendimiento en canal mostró un aumento con respecto al testigo de 3.1%. No fue significativo el peso de las vísceras torácicas ni el PVV (Cuadro 4). El peso del hígado como % del peso vivo al sacrificio mostró una diferencia entre los tratamientos de 0 y 4

h de ayuno, y los tratamientos de 8 y 12 h de ayuno siendo menor en los periodos más largos.

**Cuadro 5.- Medias de mínimos cuadrados de las variables de calidad 24h post-mortem en carne de conejos sometidos a diferentes tiempos de ayuno.**

Variables <sub>24h</sub>	Tiempo de ayuno (h)				E. E.
	0	4	8	12	
PCF (g)	1128.2	1138.71	1133.8	1163.48	14.6
Color					
<i>L</i> *	62.19	61.72	62.70	62.52	0.4
<i>a</i> *	12.02	12.58	12.41	12.01	0.3
<i>b</i> *	4.98	5.05	5.34	4.93	0.2
<i>C</i> *	12.99	13.49	13.46	12.95	0.33
<i>h</i> *	2.55	2.55	2.27	2.56	0.14
pH <sub>i</sub>	6.06 <sup>b</sup>	6.14 <sup>b</sup>	6.32 <sup>a</sup>	6.15 <sup>b</sup>	0.04
pH <sub>f</sub>	5.74 <sup>a</sup>	5.69 <sup>ab</sup>	5.70 <sup>ab</sup>	5.65 <sup>b</sup>	0.02
CRA (ml 100g <sup>-1</sup> )	37.3 <sup>a</sup>	28.4 <sup>b</sup>	22.8 <sup>b</sup>	30.2 <sup>ab</sup>	2.7
PCC (ml 100g <sup>-1</sup> )	15.6	13.8	13.0	12.3	1.9
Fuerza de corte (g/cm <sup>2</sup> )	987.7 <sup>a</sup>	969.9 <sup>a</sup>	699 <sup>b</sup>	809.9 <sup>ab</sup>	91.1

*PCF = peso de la canal fría; pH<sub>i</sub> = pH inicial; pH<sub>f</sub> = pH final; CRA= capacidad de retención de agua; PCC= pérdidas por cocción; medias con literales a, b, c representan diferencias significativas (P<0.05).*

El color de la carne de conejo no cambió con el aumento de las horas de ayuno. El valor de pH<sub>i</sub> fue mayor con 8 h de ayuno respecto al resto de los tratamientos, y cambió 0.26 unidades por arriba del valor del testigo. El pH<sub>f</sub> fue menor con 12 h de ayuno y no fue diferente entre el resto de los tratamientos, excepto entre el testigo y 12 h de ayuno.

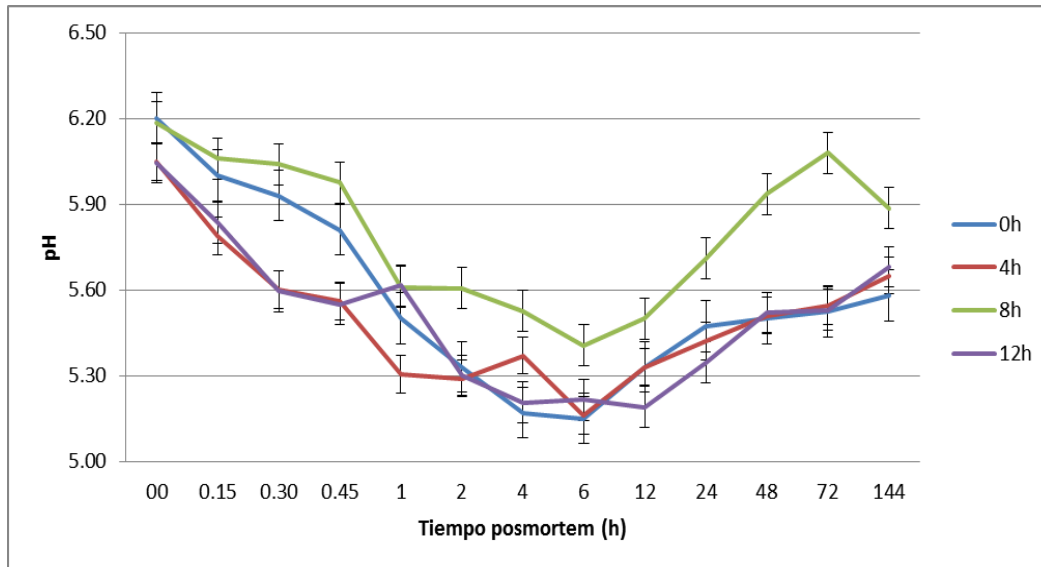


Figura 6.- Valores de pH en carne de lomo de conejo a diferentes tiempos post-mortem.

La CRA fue mayor en el grupo testigo y no fue diferente con 12 h de ayuno, pero si difirió con 4 y 8 h de ayuno. Las pérdidas por cocción no fueron significativas. La fuerza de corte menor fue con 8 h de ayuno y difirió con 0 y 4 h.

El comportamiento del pH en la carne de conejo no fue diferente ( $P < 0.05$ ) cuando el pH se registró al momento del sacrificio y fue significativo para todos los tiempos evaluados (Figura 6). El efecto de los tratamientos fue significativo ( $P < 0.05$ ). Los animales que correspondieron al tratamiento con 8 h de ayuno mostraron valores de pH más altos al resto de los tratamientos.



## 6.- DISCUSIÓN

La cadena de producción de la carne finaliza con el manejo que reciben los conejos previo a la matanza, el cual puede poner en riesgo el trabajo de los productores durante el periodo de engorda (Ouhayoun, 1987; Villaroel *et al.*, 2003; María *et al.*, 2008; Gallo, 2009). El ayuno puede ser una de estas etapas en las que se puede afectar la calidad del producto final.

El peso de los conejos de los diferentes tratamientos no fue significativo ( $P < 0.05$ ); sin embargo, las pérdidas de PV difirieron con 12 h de ayuno con respecto al testigo. Estas pérdidas representaron 1.5, 2.7 y 3.7% del PV previo a los tratamientos de 4, 8 y 12 h de ayuno respectivamente (Cuadro 4), siendo diferentes ( $P < 0.05$ ) con respecto al testigo. Lo que concuerda con Jolley (1990) quien menciona que las pérdidas de peso en conejos ayunados por 12 y 24 h antes del transporte oscilan entre 3 y 5%, respectivamente. De Blas (1992) y Ashby *et al.* (1980) mencionan que en periodos cortos de ayuno (12 h) las pérdidas de PV oscilan entre 3-4 %, concordando con las pérdidas de PV encontradas con 12 h de ayuno en este estudio (Cuadro 4).

Las pérdidas de PV durante un periodo de ayuno se deben a la excreción de heces y orina (Kirton *et al.*, 1968; Marzoni y Mori, 1992), lo que puede tener un efecto positivo en la calidad de la canal (Marguenda *et al.*, 2008) ya que disminuye la probabilidad de que durante el eviscerado se contamine con heces y orina (Komiyama *et al.*, 2008). Sin embargo, cuando los conejos son sometidos a estrés calórico a una temperatura de 42°C durante una hora, las pérdidas de peso aumentan aproximadamente 20% (Amici *et al.*, 2000) recuperándose hasta el quinto día, tiempo de adaptación requerido a estas condiciones, lo que sin duda puede resultar en pérdidas económicas en regiones climáticas con altas temperaturas.

La importancia del contenido digestivo y urinario está relacionada con la calidad de la carne ya que afecta directamente el rendimiento final de la cadena de producción (De Blas, 1992). El PVLL disminuyó con 8 y 12 h de ayuno con respecto al testigo (Cuadro 4), esto confirma la pérdida de peso vivo a la matanza, ya que PVV no cambio por efecto de tratamientos como lo han citado otros autores (Coppings *et al.*, 1989).

El rendimiento de la canal es el criterio comercial económico más importante en España en el mercado del conejo, los resultados de los tratamientos son similares a los de Pla *et al.*, (1998). Las horas de ayuno modificaron el rendimiento de la canal debido a la disminución del PCDU con los tiempos más largos de ayuno (Cuadro 4), esto concuerda con los datos de otros autores (Jolley, 1990; Masoero *et al.*, 1992; Szendro y Kustos, 1992; Ouhayoun *et al.*, 1993; Lambertini *et al.*, 2006). Los rendimientos más altos fueron en los conejos con 8 y 12 h de ayuno con respecto al testigo (0 h), concordando con Margüenda *et al.* (2008) en conejos con 12 h de ayuno; aunque los resultados de este experimento son más altos a los reportados por De Blas (1992), posiblemente atribuido a una selección genética, lo que permite según Pla *et al.* (1998) obtener canales de mayor peso.

La restricción de alimento ocasiona una adaptación metabólica en los animales para cubrir los requerimientos de energía, esto provoca un gasto energético que afecta el glucógeno almacenado en hígado y músculo, por lo que a mayor tiempo de ayuno menor será la concentración de glucógeno en esos órganos (Masoero *et al.*, 1992).

El hecho de que el conejo dependa de sus reservas energéticas puede ser un problema de gran importancia económica, ya que los conejos con hambre suelen ser más nerviosos que los alimentados *ad libitum* (Masoero *et al.*, 1992), ocasionando que se agoten las reservas energéticas necesarias para el proceso post mortem de la carne, lo que afecta características como: el pH, la capacidad de retención de agua, el color y la dureza.

Los resultados de este estudio confirman la disminución del peso del hígado cuando aumentan las horas de ayuno (Cuadro 4); Coppings *et al.* (1989) mencionan que las pérdidas de peso del hígado pueden atribuirse a una deshidratación de la víscera en general; sin embargo, en este estudio no se encontraron diferencias en el peso de la víscera torácica y PVV en ningún tratamiento.

Poca información se conoce en relación al color de la carne de conejo con ayuno ante-mortem (Liste *et al.*, 2009), en este experimento ninguno de los parámetros evaluados en el color de la carne de conejo fue diferente ( $P < 0.05$ ), esto sin duda es de gran

relevancia ya que se puede asegurar que la apariencia del producto no se modifique por usar una estrategia ayuno previo al sacrificio a pesar de ser por periodos largos de 12 h. Ouhayoun *et al.* (1993) mencionaron que el color de la carne de conejo debida a la concentración de pigmentos está bajo una disyuntiva: una debida al metabolismo de la energía, donde la actividad anaeróbica de los músculos aumenta con la edad provocando cambios en el pH del músculo que a su vez modifica la estabilidad del color; y la otra es que con la edad se acumulan más pigmentos debido a que las dietas de conejos incluyen altas cantidades de forrajes verdes. En bovinos hay estudios que indican que el color de la carne depende del grado de oxidación de la mioglobina en el músculo (Renner, 1990) que se modifica por el manejo previo al sacrificio como el transporte, ayuno o temperatura ambiental (Hambrecht *et al.*, 2005; Lambertini *et al.*, 2006). En este sentido, la coloración de la carne de conejo a las 24 h post-mortem, no cambió con las horas de ayuno (Cuadro 5); sin embargo, estos valores son más altos a los reportados por otros autores (Dal Bosco *et al.*, 1997; Hernández, 1997; Zotte, 2002; María *et al.*, 2006; Combes *et al.*, 2008; Liste *et al.*, 2009; Zotte *et al.*, 2009; Gajana *et al.*, 2013), esto posiblemente pueda relacionarse al sexo, el peso (Blasco y Piles, 1990; Conesa-Gimeno *et al.*, 1990; Castrillón *et al.*, 2007) o el tipo de animales (Pla *et al.*, 1997; Ramírez, 2004; Ariño, 2006), ya que se han encontrado variaciones como tamaño de la fibra muscular y pigmentación del musculo al comparar diferentes variantes de estos factores.

La duración e intensidad del estrés afecta no solo variables de bienestar animal sino también la calidad del producto final (Liste *et al.*, 2006). Jolley (1990) y Zotte (2002) coinciden que factores como el transporte, el ayuno y la temperatura ambiental pueden disminuir la luminosidad ( $L^*$ ) de la carne dando una apariencia más oscura; sin embargo, esto difiere con este estudio ya que no se modificaron los valores  $L^*$  por efecto de las horas de ayuno, posiblemente debido al menor número de horas evaluadas en este experimento; esto es importante ya que la apariencia de la carne se relaciona con la frescura del producto (Zotte, 2002; Liste *et al.*, 2009). Los valores de hue ( $h^*$ ) y croma ( $C^*$ ) mostraron los mismos comportamientos a las variables  $a^*$ ,  $b^*$  y  $L^*$  (Cuadro 5).

En los cambios físico-químicos posteriores a la instauración del rigor mortis de la carne, el pH es una de las principales variables que se utiliza para medir y clasificar la calidad de la misma (María *et al.*, 2006; Liste *et al.*, 2009), ya que la luminosidad de la carne, la capacidad de retención de agua y la dureza dependen del valor de pH de la carne (Ouhayoun *et al.*, 1993). Las condiciones peri-mortem (ayuno, transporte, enfriado de la canal, etc) ocasionan un desequilibrio en el metabolismo de la energía disminuyendo el pH más rápido (Ouhayoun *et al.*, 1993; María *et al.*, 2008).

Cuando el pH de la carne aumenta, se debe a un agotamiento ante mortem de las reservas energéticas del músculo (Ouhayoun *et al.*, 1993; Hambrecht *et al.*, 2005); los resultados de esta investigación indican que el periodo de tiempo donde ocurre mayor gasto energético es con 8 h de ayuno ya que fue el único tratamiento en donde se encontraron diferencias (Cuadro 5), posiblemente debido a un aumento en la actividad física de los animales (Masoero *et al.*, 1992) en busca de alimento, según Liste *et al.* (2009) los periodos cortos de estrés ocasionan que se incremente el movimiento de reservas de energía dado que los conejos tienen que adaptarse a nuevas circunstancias, en este caso a las horas de ayuno. Con 4 h de ayuno este efecto no fue observado, posiblemente debido a que el conejo aun cuenta con alimento en el sistema digestivo (Cuadro 4) del cual puede obtener energía para cubrir sus necesidades; sin embargo, conforme aumentan las horas de ayuno el contenido digestivo disminuye ocasionando que la energía requerida se genere a partir de las reservas musculares, lo que modifica el pH del músculo. En cerdo y pollo de engorda este efecto puede revertirse después de un periodo relajación antes de la matanza, por lo que en este estudio con 12 h de ayuno podría estarse recuperando el balance acido-base del músculo, al regresar a los valores de pH muscular del testigo. Sin embargo, Alarcón *et al.* (2005) demostraron que en cerdos el aumento del  $pH_i$  se atribuye a largos periodos de espera al sacrificio al aumentar el movimiento por peleas en los corrales, disminuyendo las reservas de glucógeno que modificarán el descenso del  $pH_i$  necesario para una buena conversión de músculo a carne.

El aumento del pH ocasiona una mayor susceptibilidad de la carne a una contaminación bacteriana e incluso a la aparición de carnes DFD (Dark, Firm, Dry)

(Masoero *et al.*, 1992; Margüenda *et al.*, 2008), que aunque no hay reportes de este tipo de problemas en carne de conejo, podrían reflejar grandes pérdidas económicas como en la industria porcina (Pérez-Linares *et al.*, 2008).

El pH<sub>f</sub> que se obtuvo en los animales con 12 h de ayuno (Cuadro 5), podría ocasionar la aparición de carnes PSE (pálida, suave, exudativa); en pollo de engorda (Barbut *et al.*, 2005) y en cerdo (Castrillón *et al.*, 2007) estos valores de pH<sub>f</sub> podrían considerarse como carnes tipo PSE; sin embargo, la carne de conejo a estos pH no presenta los signos de la carne PSE, según Ouhayoun *et al.* (1993) esto es debido a la estructura de la fibra muscular del conejo; Pla *et al.* (1998) también mencionan que el músculo de conejo puede soportar pH ácidos sin afectar parámetros como el color o la dureza. La disminución en el pH<sub>f</sub> con 12 h de ayuno disminuyó 0.09 unidades más que el testigo a pesar de que el pH<sub>i</sub> se había comportado igual a este, esto podría sugerir que los niveles de glucógeno que se restablecen en este tiempo no son suficientes para que el músculo del conejo encuentre una estabilidad similar al testigo.

El pH<sub>f</sub> promedio de la carne de conejos que fungieron como testigo fue de 5.74, el cual está dentro de lo establecido por Ouhayoun *et al.* (1993) quienes describen que el pH en conejos oscila entre 5.4 y 6.4 dependiendo del músculo; sin embargo, las variaciones entre razas se atribuyen a la conformación muscular (tipo de fibras αW o αR) que también están determinadas por las diferencias en la precocidad de las razas (Bacou y Vigneron, 1976; Pla *et al.*, 1998).

La disminución en el pH esta relacionada con una acumulación en la concentración de ácido láctico en el músculo por la acción de la glicolisis post mortem, una de las características que es afectada por el aumento o el descenso del pH es el desarrollo del rigor mortis de la carne (Mckee y Sams, 1998; Mačanga *et al.*, 2011), también se vio afectado por el tiempo de ayuno en este estudio, y con 8 h se desarrollaron niveles de pH mayores que el resto de los tratamientos (Figura 6), y con 4 y 12 h el comportamiento fue similar con respecto al testigo (P<0.01) , estos valores son similares a los que reportan Houlot y Ouhayoun (1999) al evaluar la instauración del rigor mortis a 37 °C, y mencionan que es debido a un aceleramiento en las contracciones de los sarcómeros.

La CRA disminuyó en los tratamientos de 4 y 8 h de ayuno (cuadro 5), aunque no se encontraron diferencias con 12 h con respecto al testigo, a pesar de que el pHf fue menor. Cuando las pérdidas de agua suelen aumentar es porque las proteínas adquieren su punto isoeléctrico donde ocurre que las células tengan un bajo nivel de hidratación (Lambertini *et al.*, 2006). Jolley (1990) y Liste *et al.* (2009) mencionan que cuando aumenta el pHf la CRA aumenta provocando que aumenten las pérdidas por cocción (PCC) y aumente la fuerza de corte.

La dureza o suavidad de la carne está relacionada con la cantidad y calidad de colágeno en la carne; sin embargo, como los conejos fueron sacrificados muy jóvenes (70 días de edad), la cantidad de colágeno no es un impedimento para deducir que este sea un factor que influya en la determinación de la dureza de la carne. En conejos se ha encontrado que a pesar de su alta sensibilidad a la desnaturalización proteica durante la maduración suele ocurrir un aumento en la dureza de la carne (Ouhayoun *et al.*, 1993).

Para determinar la fuerza de corte, la navaja Warner Bratzler es un buen predictor en carne cocida, que es considerado como criterio para la aceptabilidad por los consumidores (Combes *et al.*, 2003; Liste *et al.*, 2009). Lambertini *et al.*, (2006) mencionan que el transporte influye sobre la dureza de la carne y el pHf. María *et al.* (2008) mencionan que pequeñas variaciones en el pH pueden afectar la dureza de la fibra, atribuido a un acortamiento del sarcómero.

En este estudio se observó que con 8 h de ayuno la fuerza de corte disminuye 288.7 g/cm<sup>2</sup> más que el testigo (Cuadro 5), debido a una disminución en la CRA, ya que María *et al.* (2008) mencionan que el aumento de CRA aumenta significativamente ( $P < 0.05$ ) la dureza de la carne de conejo; los resultados de esta investigación concuerdan con Liste *et al.* (2009) quienes recomiendan que el transporte de la granja al rastro sea de entre 6 y 8 h para mejorar la dureza de la carne.

Las PCC no fueron diferentes entre tratamientos (Cuadro 2); Zotte *et al.* (2009) determinaron que en conejos este parámetro no se afecta por tratamientos previos a la matanza como: el transporte o el ayuno. Esta respuesta se puede atribuir a que se

utilizó sólo una raza en estudio, ya que Combes *et al.* (2008) encontraron por medio de una correlación canónica que la jugosidad se ve afectada por la raza y el sistema de cría.

## 7.- CONCLUSION

El tiempo de ayuno previo a la matanza modificó la calidad de la carne de conejo; la implementación de periodos de ayuno largos (8 y 12 h) mejoró algunas variables de impacto económico que aumentarían la rentabilidad de las explotaciones. Los resultados obtenidos en el presente estudio no modificaron el color de la carne, aspecto importante para los consumidores, pero sí aumentó el rendimiento final de la canal hasta 57.6 %, que es comparable con lo indicado en otros países. El ayuno previo al sacrificio no solo mejora la calidad del producto sino que significa un ahorro en el consumo alimenticio de la granja. A pesar de que los valores de pH<sub>f</sub> fueron inferiores en los tiempos más largos la PCC y la Fuerza de Corte mejoraron, por lo que se concluye que periodos de entre 8 y 12 h de ayuno antes de la matanza la calidad de la carne de conejo no disminuye.

## 8.- LITERATURA CITADA

Alarcón R. A. D., J. O. Duarte A., F. A. Rodríguez A., H., Janacua V. 2005. Incidence of PSE and DFD muscle in pigs slaughtered in Mexico's Bajío region. *Técnica Pecuaria México* 43(3):335-346.

Amici A., O., Franci, Mastroiacono P., Merendino N., Nardini M., Tomassi G. 2000. Short term acute heat stress in rabbits: functional, metabolic and immunological effects. *World Rabbit Science*. 8 (1): 11-16.

Ariño L. B. 2006. Variabilidad genética de la calidad de la carne de conejo. (Universidad Politécnica de Valencia) 204 pp. <http://hdl.handle.net/10251/5642>.

Ashby B. H., Ota H., Bailey W. A., Whitehead J. A., and Kindya W. G. 1980. Heat and weight loss of rabbits during simulated air transport. *Transactions of the ASAE*. 23 (1):162-164.

Bacou F., y Vigneron P. 1976. Metabolisme de divers types muscles chez trois race de lapin de format différent. *Ist World rabbit Science*, Dijon.

Barbut S., Zhang L., and Marcone M. 2005. Effects of pale, normal, and dark chicken breast meat on microstructure, extractable proteins, and cooking of marinated fillets. *Poultry Science* 84:797-802.

- Bendall J. R., y Davey C. L. 1957. Ammonia liberation during rigor mortis and its relation to changes in the adenine and Inosine nucleotides of rabbit muscle. *Biochimica et Biophysica Acta* 26:93-103.
- Bendall, J. R. 1976. Electrical stimulation of rabbit and lamb carcasses. *Journal of Science of Food Agriculture* 27 (9):819-826.
- Black-Cleworth P., y Verberne G. 1975. Scent-marking, dominance and flehmen behavior in domestic rabbits in an artificial laboratory territory. *Chemical Senses* 1 (4):465-494.
- Blasco A., y Piles M. 1990. Muscular pH of the rabbit. *Annales de Zootechnie* 39:133-136.
- Blasco A., Ohuayoun J., and Masoero G. 1992. Study of rabbit meat and carcass. *Journal Applied Rabbit Research* 15:775-776.
- Blasco A., and Ohuayoun J. 1993. Criteria and terminology in rabbit meat research. *World Rabbit Science* 4(2): 93-99.
- Bottinelli R., y Reggiani C. 2000. Human skeletal muscle fibres: molecular and functional diversity. *Progress in Biophysics & Molecular Biology* 73(2-4):195-262.
- Cavani C., y Petracci M. 2004. Rabbit meat processing and traceability. In *Proc.: 8th World Rabbit Congress, 7-10 September, 2004, Puebla, Mexico*, 1318-1336.
- Christ B., Lange K., and Jeroch H. 1996. Effect of dietary fat on fat content and fatty acid composition of does milk. *6<sup>th</sup> World Rabbit Congress* 1:135-138.
- Choe J.H., Choi Y.M., Lee S.H., Shin H.G., Ryu Y.C., Hong K.C., and Kim B.C. 2008. The relation between glycogen, lactate content and muscle fiber type composition, and their influence on postmortem glycolytic rate and pork quality. *Meat Science* 80:355–362.
- Cobos A., de la Hoz L., Cambero M. I., and Ordoñez J A. 1995. Sugar-beet pulp as an alternative ingredient of barley in rabbit diets and its effect on rabbit meat. *Meat Science* 39 (1):113–121.
- Combes S., Lepetit J., Darchea B., y Lebas F. 2003. Effect of cooking temperature and cooking time on Warner–Bratzler tenderness measurement and collagen content in rabbit meat. *Meat Science* 66:91-96.
- Combes S., González I., Déjeand S., Baccinid A., Jehle N., Juinf H., Cauquill., Gabinauda B., Lebas F., y Larzulg C. 2008. Relationships between sensory and physicochemical measurements in meat of rabbit from three different breeding systems using canonical correlation analysis. *Meat Science* 80(3):835-841.
- Conesa-Gimeno A., López-Sánchez. M., Sierra-Alfranca I., y Ferrero-Cantán F. 1990. Calidad de la canal y de la carne de conejo de raza gigante de España en tres pesos comerciales de sacrificio. *XV Simposium Actualidad cunícola* 50:33-40.



- Coppings R. J., Ekhtor N., and Ghodrati A. 1989. Effects of antemortem treatment and transport on slaughter characteristics of fryer rabbits. *Journal of Animal Science* 67:872–880.
- Dal Bosco A., Castellini A., and Bernardini M. 1997. Effect of transportation and stunning method on some characteristics of rabbit carcasses and meat. *World Rabbit Science* 5(3):115-119.
- De Blas C. 1992. Factores que determinan el rendimiento y la calidad de la canal en conejos. *Mundo ganadero, Cunicultura* 7(8):70-75.
- deMan J. M. 1990. Principles of food chemistry. Second edition, Ed. Van Nostrand Reinhold, N. Y. 469 p.
- Dransfield E, Jones R. C. D., and Macfie H. J. H. 1980. Tenderising in m. longissimus dorsi of beef, veal, rabbit, lamb and pork. *Meat Science* 5:139-147.
- Gajana C.S., Nkukwana T.T., Marume U., and Muchenje V. 2013. Effects of transportation time, distance, stocking density, temperature and lairage time on incidences of pale soft exudative (PSE) and the physico-chemical characteristics of pork. *Meat Science* 95:520-525.
- Gallo, C. 2009. Transporte y reposo pre-sacrificio en bovinos y su relación con la calidad de la carne. En: *Bienestar Animal y Calidad de la Carne*. Editorial BM Editores. México. pp:15-36.
- García-López J.C., Pro-Martínez A., Becerril-Pérez C.M., Suárez-Oporta M.E., Pinos-Rodríguez J.M. 2006. Technical note: rabbit meat production under a small scale production system as a source of animal protein in a rural area of Mexico. *World Rabbit Science* 14:259-263.
- Gondret F., Lebas F., and Bonneau M. 1999. Restricted Feed Intake during Fattening Reduces Intramuscular Lipid Deposition without Modifying Muscle Fiber Characteristics in Rabbits. *The journal of nutrition* 130(2): 228-233.
- Guerrero L. I., Ponce A. E., and Pérez M. L. 2002. Curso práctico de tecnología de carnes y pescado. Universidad Metropolitana Unidad Iztapalapa. D. F. México. 171 p.
- Hamm R. 1976. Postmortem breakdown of ATP and glycogen in ground muscle: a review. *Meat Science* 1:15-39.
- Hambrecht E., Eissen J. J., Newman D. J., Smits C. H. M., den Hartog L. A., y Verstegen M. W. A. 2005. Negative effects of stress immediately before slaughter on pork quality. *Journal of Animal Science* 83:440-448.
- Hernández P. 1997. Calidad de la carne de conejo. *Lagomorpha* 90:13-19.
- Hernández P., Pla M., y Blasco A. 1998. Carcass characteristics and meat quality of rabbit lines selected for different objectives. Relationships between meat characteristics. *Livestock Production Science* 54 (2):125–131.

- Huff-Lonergan E., y Lonergan S. M. 2005. Mechanisms of water-holding capacity of meat: The role of postmortem biochemical and structural changes. *Meat Science* 71:194–204.
- Hulot F., and Ouhayoung J. 1999. Muscular pH and related traits in rabbits (Review). *World Rabbit Science* 7 (1):15:36.
- Jolley P. D. 1990. Rabbit transport and its effects on meat quality. *Applied Animal Behaviour Science* 28:119-134.
- Kirton A. H., Quartermain A.R., Uljee A.E., Carter W.A., y Pickering F.S. 1968. Effect of 1 and 2 days' ante-mortem fasting on live weight and carcass losses in lambs. *New Zealand Journal of Agricultural Research* 11: 891-902.
- Komiyama CM., Mendes AA., Takahashi SE., Moreira J., Garcia RG., Sanfelice C., Borba HS., Leonel FR., Paz ICL. A., y Balog A. 2008. Chicken Meat Quality as a Function of Fasting Period and Water Spray. *Brazilian Journal of Poultry Science* 10(3):179-183.
- Lambertini L., Vignola G., Badiani A., Zaghini G., y Formigoni A. 2006. The effect of journey time and stocking density during transport on carcass and meat quality in rabbits. *Meat Science* 72:641–646.
- Lawrie R. A. 1985. *Meat Science*. Pergamon Press, 4th ed. 267p.
- Lee S.H., Joo S.T., y Ryu Y.C. 2010. Skeletal muscle fiber type and myofibrillar proteins in relation to meat quality. *Meat Science* 86:166–170.
- Liste M. G., María G. A., García-Belenguer S., Chacón G., and Alierta S. 2006. Efecto del transporte y estación del año sobre la respuesta fisiológica de estrés en conejos comerciales. XXXI Simposium de cunicultura de la ASESCU, Lorca, España. 35-43 pp.
- Liste G., Villarroel M., Chacón G., Sañudo C., Olleta J.L., García-Belenguer S., Alierta S., and María G.A. 2009. Effect of lairage duration on rabbit welfare and meat quality. *Meat Science* 82:71-76.
- Mačanga J., Koréneková B., Nagy J., Marcinčák S., Popelka P., Kožárová I., and Korének M. 2011. Post-mortem changes in the concentration of lactic acid, phosphates and pH in the muscles of wild rabbits (*Oryctolagus cuniculus*) according to the perimortal situation. *Meat Science* 88:701-704.
- Margüenda I., Nicodemus N., García-Rebollar P., Villarroel M., Sevilla L., Vadillo S., and Carbaño R. 2008. Efecto del tiempo de ayuno sobre el rendimiento y la calidad microbiológica de la canal del conejo. Resúmenes del XXXIII Symposium de ASESCU 24-27 pp.
- María G.A., Buil T., Liste G., Villarroel M., Sañudo C., and Olleta J.L. 2006. Effects of transport time and season on aspects of rabbit meat quality. *Meat Science* 72:773–777.

- María G., Liste G., Campo M.M., Villarroel M., Sañudo C., Olleta J.I., and Alierta S. 2008. Influence of transport duration and season on sensory meat quality in rabbits. *World Rabbit Science*. 16: 81-88.
- Marzoni M., y Mori B. 1992. Factores estresantes y comportamiento del conejo. *Conigliocultura* 29(2):19-23.
- Mora L., Hernández-Cásares A. S., Sentandreu M. A., and Toldrá F. 2010. Creatine and creatinine evolution during the processing of dry-cured ham. *Meat Science* 80:384-389.
- Ouhayoun J. 1987. Influencia de las condiciones del sacrificio sobre la calidad de la carne de conejo. *Cunicultura*. 2 (12):55-58.
- Ouhayoun J., y Delmas D. 1988. Meat quality of rabbit. Differences between muscles in post mortem pH. 4<sup>th</sup> Worl Rabbit Congress, Budapest 2:412-418.
- Ouhayoun J., y Zotte A. D. 1993. Muscular energy metabolism and related traits in rabbit. An review. *World rabbit science*. 1(3).97-108.
- Pascual M., y Pla M. 2007. Changes in carcass composition and meat quality when selecting rabbits for growth rate. *Meat science* 77:474-481.
- Pearce K. L, Rosenvold K, Andersen H. J., y Hopkins D. L. 2011. Water distribution and mobility in meat during the conversion of muscle to meat and ageing and the impacts on fresh meat quality attributes (Review). *Meat Science* 89:111–124.
- Pérez-Linares C., Figueroa-Saavedra F. y Barreras-Serrano A. 2008. Nota: Factores de manejo asociados a carne DFD en bovinos en clima desértico. *Archivos Zootecnia*. 57 (220): 545-547.
- Piles M., Blasco A., y Pla M. 2000. The effect of selection for growth rate on carcass composition and meat characteristics of rabbits. *Meat Science* 54 (4):347–355.
- Pla M., y Cervera C. 1997. Carcass and meat quality of rabbits given diets having a high level of vegetable or animal fat. *Animal Science* 65 (2):299-303.
- Pla M., Guerrero L., Guardia D., Oliver M.A., Blasco A. 1998. Carcass characteristics and meat quality of rabbit lines selected for different objectives:: I. Between lines comparison show more. *Livestock Production Science* 54(2): 115–123.
- Qiao, M., D. L. Fletcher, J. K. Northcutt, and D. P. Smith. 2002. The relationship between raw broiler breast meat color and composition. *Poult. Sci*. 81: 422–427.
- Renner M. (1990). Review: Factors involved in the discoloration of beef meat. *International Journal of Food Science and Technology* 25:613-630.
- Ramírez Telles Jorge Alberto. 2004. Características bioquímicas del musculo, calidad de la carne y de la grasa de Conejos seleccionados por velocidad de crecimiento. Universidad Autónoma de Barcelona, 204 pp, <http://hdl.handle.net/10803/5655>.

Santos M. A. 1995. Química y bioquímica de los alimentos. Universidad Autónoma Chapingo, México. 1ª ed. 456p.

Szendro Zs, y Kustos k. (1992). The effect of starvation on the carcass yield of New Zealand White Rabbits. *The Journal of applied rabbit research* 15:879-883.

Vetharanim I., Thomson R.A., Devine C.E., y Daly C.C. (2010). Modelling muscle energy-metabolism in anaerobic muscle. *Meat Science* 85:134–148.

Woelfel, R. L., C. M. Owens, E. M. Hirschler, R. Martinez-Dawson, and A. R. Sams. 2002. The characterization and incidence of pale, soft, and exudative broiler meat in a commercial processing plant. *Poult. Sci.* 81: 579–584.

Zotte D., A., Bini R. P., Xiccato G. y Simionato S. 1995. Proprieta tecnologiche e sensoriali della carne di coniglio. *Rivista di conigliocultura* 32 (1): 33-39.

Zotte D., A., Ouhayoun, J., Parigi Bini, R., y Xiccato, G., 1996. Effect of age, diet and sex on muscle energy metabolism and on related physicochemical traits in the rabbit. *Meat Science* 43:15-24.

Zotte D. A. 2002. Perception of rabbit meat quality and major factors influencing the rabbit carcass and meat quality (Review). *Livestock Production Science* 75:11 –32.

Zotte D. A. y Szendrő Z. 2011. The role of rabbit meat as functional food (Review). *Meat Science* 88:319–331.