



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE
MÉXICO**

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
CUAUTITLÁN**

**EFECTO DEL MÉTODO DE ATURDIMIENTO SOBRE
LA CALIDAD DE LA CANAL EN POLLOS DE
ENGORDA DE LA LÍNEA ROSS.**

T E S I S

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
MEDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA**

**P R E S E N T A :
ISMAEL SAUCEDO PLATA**

**ASESORES DE TESIS:
DRA. DENEBA CAMACHO MORFÍN
Q.B. LILIAN MORFIN LOYDEN
M.V.Z. SALVADOR CARLOS FLORES PEINADO**

CUAUTITLAN IZCALLI, EDO. DE MEX.

2008



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

**Nosotros creemos en el Futuro
Nosotros creemos en Yahvéh.**

Agradecimientos especiales

A Yahvéh

A mi padre Ismael Saucedo Ocaña

A mi madre Enriqueta Plata Vargas

Gracias por su inminente y total apoyo.

A mis hermanos:

Alejandra Saucedo de Vargas y familia

Julissa Saucedo de Hernández y familia

Enrique Saucedo Plata

Gracias por las nuevas fronteras que ha creado la vida.

Gracias a mis abuelos:

**Lic. Tiburcio Plata Rosales
Sra. Gila Vargas Olvera**

**Sr. Alejandro Saucedo Becerril
Sra. Teresita Ocaña Jurado**

Gracias a mis tíos:

**Elena Plata Vargas y familia
Aurora Plata Vargas y familia
Francisco Gonzalo Plata Vargas y familia
Carlos Plata Vargas y familia
Raúl Plata Vargas y familia
Lourdes Plata Vargas y familia
José Plata Vargas y familia
Ana Plata Vargas y familia
Cristina Plata Vargas y familia**

**Javier Saucedo Ocaña y familia
Lidia Saucedo Ocaña y familia
Baltasar Saucedo Ocaña**

Gracias por compartir tantos momentos, y que con trabajo arduo, en el presente han creado un futuro promisorio.

Agradecimientos por su gran empeño y colaboración en la elaboración de esta tesis. Gracias.

Asesor Dra. Deneb Camacho Morfin

Q.B. Lilian Morfin Loyden

M.V.Z. Salvador Carlos Flores Peinado

Agradecimientos al jurado de esta tesis:

Presidente	Dr. Ariel Ortíz Muñíz
Vocal	Dr. José Juan Francisco Ortega Sánchez de Tagle
Primer suplente	M.C. Juan Carlos del Río García
Segundo Suplente	M.V.Z. Víctor Manuel Petrone García.

A mis amigos:

Aldo Minguier, Gonzalo Zaragoza, Carlos Ochoa, Salomé Aguilera, Martín Medina, Alejandra Osorio, Tatiana Sánchez, Jonathan Moreno, David Fandiño, Mario Pérez, Oscar Garza, Nidia Sánchez, Raúl Canchola y Paula Pardavé.

A mis compañeros y compañeras de la Universidad Nacional Autónoma de México y Bachoco México, Gracias.

Agradecimientos por el apoyo en diferentes fases del proceso de la tesis a:

Ing. Juan Rafael Garibay Bermudez

M.V.Z. Andrés Cardena Leija

Dr. Daniel Mota Rojas

Dr. Ignacio Filisola

ÍNDICE

		Página
	RESUMEN	
1.0	INTRODUCCIÓN	2
2.0	MARCO DE REFERENCIA	3
	2.1 MERCADO MUNDIAL DE POLLO DE ENGORDA	3
	2.2 PRODUCCIÓN NACIONAL DE POLLO DE ENGORDA	5
3.0	MARCO CONCEPTUAL	6
	3.1 ATURDIMIENTO ELÉCTRICO	6
	3.2 DECAPITACIÓN	10
	3.3 MÚSCULO DE POLLO	10
	3.3 TIPOS DE FIBRAS MUSCULARES	10
	.1	
	3.4 pH	15
	3.5 TEMPERATURA	17
4.0	HIPÓTESIS	19
5.0	OBJETIVOS	19
	5.1 OBJETIVO GENERAL	19
	5.2 OBJETIVOS PARTICULARES	19
6.0	MATERIAL Y MÉTODOS	20
7.0	ANÁLISIS ESTADÍSTICO	22
8.0	RESULTADOS	23
9.0	DISCUSIÓN	29
10.0	CONCLUSIONES	32
11.0	ANEXO	33
12.0	BIBLIOGRAFÍA	34

RESUMEN

Los problemas con la calidad de la carne y la canal pueden producirse por varios factores, entre los que destaca el tipo de sacrificio, el cual tiene impacto en la estabilización final del pH y la temperatura del músculo. El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto del método de sacrificio sobre la temperatura y pH en la canal en pollo de engorda de la línea Ross. Para lo cual se seleccionaron al azar 20 pollos de una parvada de 144 animales sin sexar, de la línea comercial Ross 308 con 6 semanas de edad y peso promedio 2.55 ± 0.188 Kg. De peso vivo. Se seleccionaron al azar 20 pollos, los cuales se distribuyeron al azar en dos tratamientos, de 10 pollos cada uno. Cada grupo se sacrifico de distinta forma, con aturdimiento eléctrico y otro con degüello directo. Ambos tratamientos fueron sometidos al mismo proceso de escaldado, desplumado y eviscerado. En el experimento para analizar los datos se utilizo un diseño factorial $2 \times 2 \times 2$ considerando como factores: 1° factor: dos tipos de músculos (*Pectoralis Mayor* y *Bíceps femoris*), 2° factor: los dos tipos de sacrificio (Con aturdimiento eléctrico y degüello directo), 3° factor: tiempos de las mediciones (a las 0 y a las 24 horas *post mortem*). Los resultados son: en cuanto a la variable de pH, hay diferencia estadística significativa en el tipo de sacrificio y en los tiempos de medición. En cuanto a la variable de temperatura hubo diferencia significativa con los músculos, los tiempos y la interacción entre músculos y tiempos.

1.0.- INTRODUCCIÓN

En el mundo, la industria del pollo de engorda ha crecido consistentemente desde 1940 y ha ocupado el segundo lugar en volumen justo después de la carne de puerco. La carne de pollo representa el 29 % de la producción de carne de animales de granja y esta proporción es creciente cada año. El crecimiento ha sido basado en la fuerte demanda del consumidor por productos que percibe, son producidos de forma segura y saludable (Yang y Jiang, 2005).

Los factores de producción determinantes sobre la calidad de la canal y la carne de pollo, son los métodos de manejo en la vida del ave y el aturdimiento. Sin embargo; los cambios en la comercialización y demanda por nuevos procesamientos de la carne de pollo sin hueso, resultan, en las cambiantes expectativas sobre la calidad de la canal. La prevalencia de los defectos en la canal pueden declinar en categoría y/o perder el valor de la canal de pollo (Sanders y Wiebe, 1996).

Por atender al consumidor en todas sus expectativas tanto en la calidad del producto como en la calidad de su obtención, Es un requerimiento legal en muchos países, que todos los animales, incluidos los pollos, sacrificados para consumo humano, pierdan la conciencia y permanezcan así hasta que la muerte sobrevenga por la pérdida de sangre (Raj, 2003).

La variedad de métodos de aturdimiento que han sido desarrollados para verter inconciencia en los animales antes del sacrificio, así como cada uno de los parámetros mínimos (por ejemplo: voltaje y corriente durante el aturdimiento eléctrico) son requeridos para asegurar de inmediato y el sostenimiento de la inconciencia, para desarrollar eficientemente el procesado de aves frescas a carne para consumo humano (Raj, 2003).

La cantidad de corriente eléctrica aplicada individualmente a cada pollo, el tiempo y el número de vasos sanguíneos cortados y el tiempo de sacrificio varía ampliamente bajo condiciones de procesamiento comercial. Sin embargo la elección de estas variables parece

ser materia de conveniencia económica o ergonómica del pollo procesado, en contraparte de una elección con bases científicas (Raj *et al.*, 2006)

Uno de los factores que dependen del tipo de sacrificio, es la cantidad y calidad del sangrado, porque los componentes de la sangre, especialmente la hemoglobina, son poderosos promotores de la oxidación de lípidos y pueden decrecer la vida de aparador de los productos cárnicos (Alvarado *et al.*, 2007). El pH del medio es importante porque puede determinar el crecimiento de determinadas bacterias en la carne de pollo (Carroll *et al.*, 2007). Por lo tanto en este estudio se examinan las diferentes técnicas de sacrificio para determinar sus efectos en el pH.

Diversos factores tales como las líneas genéticas, estrés térmico después del sacrificio y métodos de aturdimiento deben de ser involucrados en este fenómeno estudiado de la calidad de la canal (pH) y su consecuencia post mortem (Molette *et al.*, 2006).

El punto de este estudio es identificar los factores asociados del sacrificio (aturdimiento eléctrico y sin aturdimiento) y su consecuencia en el pH y temperatura de la canal de pollo (*Pectoralis mayor* y *Bíceps femoris*), y cuantificar sus efectos con un análisis estadístico. Este conocimiento puede ser de ayuda para indicar medidas que reduzcan el número de lesiones en la carne de ave.

2.0.- MARCO DE REFERENCIA

2.1.- MERCADO MUNDIAL DE LA CARNE DE AVE

La producción mundial de la carne de pollo, de 1994 al año 2004, muestra un crecimiento promedio anual de 6.0%, principalmente por el incremento en la producción de China 10.0%, Brasil 9.0% y México 5.6%. Durante este periodo el crecimiento en la producción, importaciones y exportaciones de carne de pollo ha sido, de 6.0%, 4.3% y 6.3%, respectivamente. Las exportaciones de carne de pollo del año 2003 al año 2004 se estima una contracción del 4.5%. El mayor consumo de carne de pollo lo tiene Estados Unidos con un consumo *per cápita* de 42.7 kg; en segundo sitio Arabia Saudita con 36.9 kg; en tercer lugar Malasia con 34.8 kg; les siguen Brasil con 32.3 kg; Canadá con 29.1 kg y México con 23.4 kg por persona (UNA, 2006).

La producción mundial de carne de pollo el año 2005 se estimó en 81,842,361 millones de toneladas (Ortega, 2006). En el 2006 los mercados mundiales de la carne se han vuelto a ver gravemente afectados por los problemas relacionados con las enfermedades animales. El mercado de la carne en 2006 se caracteriza por la reacción de los consumidores ante los casos cada vez más frecuentes de gripe aviar, así como por las continuas restricciones de la carne vacuna relacionadas con la EEB (encefalopatía espongiforme bovina) y las prohibiciones de las exportaciones de carne roja sudamericana (bovina, ovina y porcina) relacionadas con la aftosa. Es probable que una disminución imprevista y sin precedentes de la producción de carne de ave limite el aumento de la producción total de carne a menos de un 2%, frente al 3% del año anterior (FAO, 2006).

En los pasados 25 años la industria del pollo de engorda, ha sido modificada por los hábitos alimenticios de las grandes urbes, por consiguiente los procesamientos industriales han sido enfatizados a mejorar la distribución y mercadotecnia de los cortes de pollo y la creación de valor agregado adicional a los productos. Mucha de esta expansión ha sido en la utilización de carne deshuesada de pechuga y su uso en alimentos rápidos (Betti y Fletcher, 2005).

El mercado de la carne de pollo es extensamente largo y ha cambiado de aves enteras a cortes pequeños y carne procesada. Esto ha minado la creciente atención en las propiedades de la calidad de la carne como es la capacidad de retención de agua (CRA) y el color de la carne, el cual tiene un gran impacto en la economía del proceso industrial y la aceptación del consumidor (Nissen y Young, 2006).

La carne de pechuga y de pierna son los músculos de mayor importancia económica de la canal de pollo. En los recientes años, la industria del pollo de engorda a experimentado un dramático incremento en el consumo de carne deshuesada de estas piezas, el producir productos deshuesados con características de calidad atractivas han llevado a perfeccionar todos los procesos incluso los de sacrificio y manejo post mortem (Yu *et al.*, 2005)

2.2.- PRODUCCIÓN NACIONAL DE POLLO DE ENGORDA.

El sector avícola mexicano participa con el 63.2% de la producción pecuaria; 33% aporta la producción de pollo, 30.1% la producción de huevo y 0.20% la producción de pavo. México cuenta con una parvada de más de 130 millones de gallinas ponedoras, 243 millones de pollos al ciclo y 865 mil pavos por ciclo. Cabe destacar que la avicultura es la principal industria transformadora de proteína vegetal en proteína animal (UNA, 2006).

La avicultura mexicana durante el 2005, aportó el 0.76% en el PIB total, el 16.57% en el PIB agropecuario y el 44.17% en el PIB pecuario; se produjeron cerca de 2.5 millones de toneladas de carne de pollo, muy por encima de los demás cárnicos. Las importaciones de carne de ave de 1994 a 2005 crecieron a una tasa promedio anual de 7% pasando de 239 mil toneladas en 1994 a 503 mil en 2005. El consumo per-cápita de pollo ha aumentado de 19.9 Kg en 2000 a 24.2 kg durante 2005, lo que representa un incremento del 21.6%. (UNA, 2006).

En México en el 2005 la carne de pollo se comercializó así: 28% vivo, 26% como pollo rosticero, 25% en mercado público, 10% en piezas, 7% en supermercado y sólo el 4% se

comercializó como producto con valor agregado. A pesar de esto, la tendencia del pollo vivo es a disminuir en estos últimos 10 años, de hecho, su participación se redujo en 43% al pasar de un 49% en 1994 a un 28% en el 2005; el pollo rosticero creció en participación en la última década en un 16%, es decir en 1994 sólo en esta presentación fue del 2%, en el 2005 se ubicó en 26% (Pesado, 2007). Por lo tanto la avicultura es una de las actividades pecuarias con mayor dinamismo, se integra cada vez más, y pone mayor énfasis en los eslabones de adquisición de insumos y comercialización de productos finales, asociado a que se ha modificado el patrón de consumo a favor de los productos avícolas, son proteínas más baratas, que las provenientes de la carne de cerdo y bovino, su bajo contenido de grasa y la diversificación en su preparación. Actualmente la carne de pollo representa casi el 50% del consumo de carne en el país (48%) (Pesado, 2007).

3.- MARCO CONCEPTUAL

3.1.- ATURDIMIENTO ELÉCTRICO

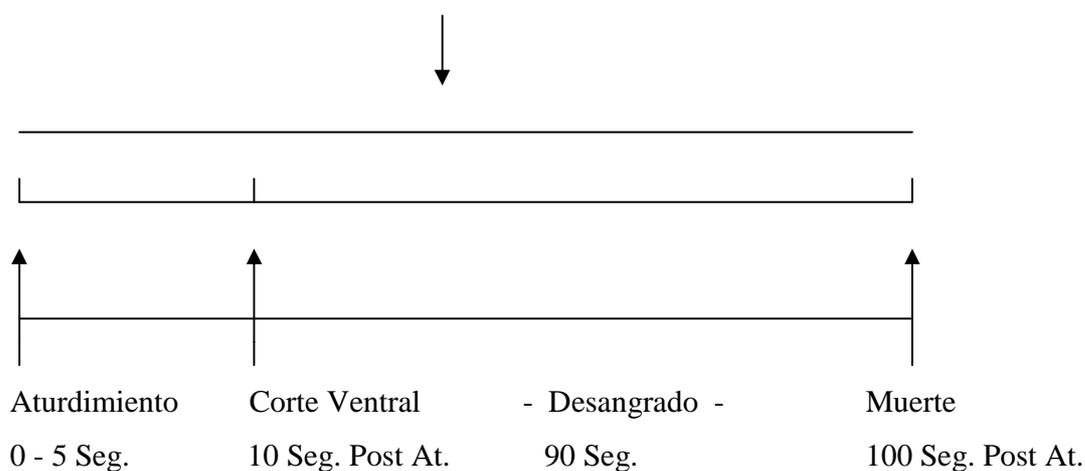
El uso de la corriente eléctrica en el proceso del sacrificio de aves, se remonta a 1749 en las colonias británicas de América del norte, donde Benjamín Franklin invitó a un grupo de amigos que estaban interesados en el uso de la electricidad. La pieza de resistencia fue un pavo sacrificado con shock eléctrico. Franklin observó que sacrificando a los pavos con este sistema se obtenía como un efecto secundario beneficioso, una ternura poco frecuente de la carne, siendo este caso la primera aplicación de la electricidad en aves de abasto (Lopez y Herbert, 1975).

El aturdimiento es el procedimiento que induce un inequívoco estado cerebral patológico el cual es incompatible con la persistencia de la conciencia y la sensibilidad, seguido del sacrificio sin causar miedo, ansiedad, temor, sufrimiento y estrés. Idealmente el método debe inducir inmediatamente inconciencia e insensibilidad (Raj, 2003).

La duración de la inconciencia inducida por el método de aturdimiento debe de ser suficiente, para sumar el tiempo del intervalo entre el aturdimiento, el corte de los vasos sanguíneos y el tiempo que toma para perder sangre y causar la muerte cerebral por desangrado. Prescindiendo del método de aturdimiento y de la especie animal, el método de aturdimiento no debe de inducir menos de 40 segundos de inconciencia. Un inadecuado aturdimiento en las aves puede revertir la conciencia mientras son desangradas y entrar al tanque de escaldado vivas. Sacrificio se refiere a la ruptura inmediata de ambas arterias carótidas (no justamente de las venas yugulares). Si los vasos vasculares de la cabeza no son cortados, las aves retienen conciencia vía oxigenación sanguínea a través de las carótidas al cerebro (Raj, 2003). Mostrado en la figura 3.1.1, esquematizando la duración de aturdimiento deseado.

Figura 3.1.1 Parámetros que debe envolver el aturdimiento en el sacrificio.

Duración de la inconciencia (Raj, 2006).



La figura 3.1.1 muestra la duración de la inconciencia requerida inducida por el método de aturdimiento bajo las condiciones de un sacrificio humanitario.

En México la insensibilización en aves según la NOM-033-ZOO-1995 dice: se deberá realizar por inmersión de la cabeza en baños electrificados o arcos eléctricos. El tiempo de aplicación, el voltaje y amperaje dependerán del tipo de aparato usado y de las recomendaciones del fabricante (NOM-033,1995).

Adicionalmente, al inmovilizar a las aves, el aturdimiento asegura que se presente uniformemente el sangrado automático, y en el caso del sangrado manual, permite el fácil acceso al pescuezo de las aves, minimizando el riesgo de accidentes de trabajo. Al estar insensibles al dolor del corte del pescuezo, las aves no forcejean después de sangradas o durante el sangrado, lo que evita la ocurrencia de lesiones en las alas, al golpearse unas contra otras o contra el equipo, y posteriormente, los efectos negativos de la agitación sobre la suavidad de la carne (Concalves, 2003).

Cuando el ave es aturdida eléctricamente solamente a través de la cabeza, se desarrolla un severo aleteo y por esta causa se prefiere el aturdimiento de cuerpo entero. Sin embargo el

Instituto de Investigaciones Sisloe, emplea un aturdimiento solo en la cabeza, seguido inmediatamente por el corte de los vasos sanguíneos de la cabeza y esto no provoca el fuerte aleteo (Gregory, 2005). Savenije *et al.*, (2002). Mostraron que las convulsiones involucradas en el aleteo es asociado con la impresionante aceleración de depleción de glicógeno y ATP en el músculo de pechuga, por tanto hay acumulación de lactato y declina el pH, por tanto la carne es pobre en retención de agua. El aturdimiento eléctrico es gran promotor de depleción de glicógeno muscular en miofibrillas tipo IIB (Fast twitch glycolytic) en comparación con las fibras tipo IIA (Fast twitch oxidative glycolytic) (Iwamoto *et al.*, 2002).

Investigaciones indican que un efectivo aturdimiento eléctrico en pollos debe tener un periodo de actividad epiteliforme de por lo menos 40 segundos de supresión profunda (Raj y O'Callaghan, 2004).

Una nueva evidencia acerca de determinar el estado de inconciencia seguida del aturdimiento eléctrico es el tono muscular, el aturdimiento de cuerpo entero con 105 mA por ave por 3 segundos indujo 52 segundos de insensibilidad aparente, mientras que pollos aturdidos solamente en la cabeza con 366 mA por 7 segundos, indujo solamente 26 segundos de insensibilidad. Seguro, el tiempo de retorno de la tensión muscular de los músculos de la cabeza bajo aturdimiento de cuerpo entero fue doblemente de más tiempo que el originado bajo aturdimiento eléctrico solamente en la cabeza (el cual no involucra los efectos periféricos sobre el cuerpo entero de la corriente eléctrica). Por lo tanto el determinar la efectividad del aturdimiento basado en la pérdida del tono muscular y estimar la duración de la inconciencia determinando el tiempo de retorno de la tensión muscular de los músculos del cuello del ave es factible (Raj, 2003).

Un aturdimiento eléctrico satisfactorio es logrado por el paso de suficiente corriente eléctrica a través del Sistema Nervioso Central de las aves durante un tiempo dado (Bilgili, 2000), por lo que la inconciencia es obtenida cuando el aturdimiento eléctrico impide los impulsos de la actividad reticular y del sistema somato sensorial (Heath *et al.*, 1994). El aturdimiento eléctrico en animales es basado en que la corriente con suficiente magnitud

pase a través del cerebro induciendo un episodio epiléptico, reconocido por la aparición de hiper sincronización en la actividad neuronal en el cerebro. Esta epilepsia generalizada esta caracterizada por el predominio de alta amplitud (alrededor de 100 microvolts), frecuencia baja (8 a 13 Hz) actividad en el EEC y movimientos tónico – clónicos. El movimiento no es únicamente el valor y síntoma que se origina en el sistema nervioso central para determinar el estado de inconciencia (Raj, 2003).

Actualmente los servicios de procesos de aves en Europa comúnmente usan aturdidores de corriente alta > 105 mA por ave y > 125 mA por pavo, como inmovilización pre sacrificio que induce fibrilación cardíaca (alto al flujo sanguíneo) reduciendo la probabilidad de las aves de recuperar la conciencia durante el sacrificio (Gregory y Wotton, 1990). En Europa, la unión Europea ha recomendado unas corrientes mínimas RMS (root mean square); sin embargo aun no están decretadas por la ley. A pesar de ello, el aturdimiento de las aves en condiciones comerciales es un requisito legal, y la corriente mínima que se aplica varía de 80 a 120 mA por ave, durante un periodo mínimo de 4 segundos, como se indica en el cuadro 1.1. En los EEUU, no existe requisito legal para aturdir las aves; sin embargo, la mayoría de las instalaciones de faenado de aves aplican voluntariamente una corriente de 5 a 6 mA por ave durante un periodo mínimo de 10 segundos (Heath *et al.*, 1994).

Cuadro 3.2. Corriente eléctrica RMS (root mean square) mínima (por ave) recomendada en la Unión Europea para aturdir pollos y pavos (Gregory y Wotton, 1990)

	Aturdimiento en baño de agua	Aturdimiento sólo en la cabeza
Pollos	100 mA	240 mA
Pavos	150 mA	400 mA
Duración mínima	4s	3s

3.2.- DECAPITACIÓN

El bienestar del animal durante el sacrificio sin aturdimiento incluye estrés, aunque el corte es doloroso, el animal experimenta un excesivo dolor mientras es sangrado. Los eventos fisiológicos probablemente ocurridos durante el corte de la cabeza, en un estado completamente consciente del animal deben de ser discutidos. En suma, cuando la cabeza es cortada con el cuchillo, hay una activación directa de neuronas cuando son cortados los nervios. Estos producen un intenso, pero breve daño descargado en los nervios aferentes. Después del corte de los nervios, es despolarizada e imposibilitada la respuesta a cualquier estímulo. Los caminos aferentes que sirven severamente de rango en las funciones, incluido el dolor, frío, calor, cinestesia, comezón y estiramiento o distorsión de la piel. Las sensaciones descargadas y producidas durante el daño son probablemente la amalgama de toda la energía consumida, y su efecto completo sobre el sentido del shock, comparable del shock eléctrico. Esta no es la razón para asumir que una sensación (tal como dolor o frío) no es estable durante el sangrado, pero no podemos desentendernos de todos los estímulos sensoriales consumidos cuando los nervios son cortados. Subsecuentemente la terminación de la herida intacta del nervio en la cabeza puede responder si es estimulada o perturbada, y si la herida es manejada antes de que la conciencia se haya perdido, puede ser importante en determinar si hay dolor (Gregory, 2004).

3.3.- MÚSCULO DE POLLO

El músculo esquelético de las aves y el proceso de transmisión entre los nervios somáticos y el músculo esquelético en las aves es esencialmente similar al músculo esquelético de los mamíferos (Berger, 1960).

3.3.1.-TIPOS DE FIBRAS MUSCULARES

Así como en los anfibios y reptiles, también en mamíferos, en aves algunas de las fibras musculares se han adaptado a contracciones rápidas e intermitentes, mientras que otras se

han adaptado más a contracciones continuas. Estas diferencias funcionales requieren diferencias en la estructura y en la bioquímica de las fibras. Los músculos usualmente son descritos como de contracción lenta o rápida. El color de los músculos (rojo o blanco) no es adecuado para describir la variedad del tipo de fibras existentes en cada uno. Muchos contienen una mezcla de tipo de fibras y algunas otras tan solo dos tipos de fibras (Khan, 1976). Cinco tipos de fibras son reconocidas en base a su criterio bioquímico y fisiológico (Bernard *et al.*, 1982) con la importante excepción de las de fibras de contracción lenta y multinervadas (comunes en aves, anfibios y reptiles, pero no en músculos de mamíferos). Los tipos de fibras en el músculo de pollo son estrechamente similares a los de los mamíferos. Muchos músculos pequeños de los mamíferos son multi inervados; los músculos extraoculares y el esófago son excepciones. Músculos de mamíferos de lenta contracción (por ej., el soleo del gato) esta focalmente inervado. En las aves las diferentes fibras blancas y rojas se diferencian por su ultra estructura. Generalmente, las blancas tienen bien definida la apariencia fibrilar, mientras que las fibras rojas son más granulares y de apariencia indefinida (Harvey y Marshall, 2000)

El músculo esta compuesto de una mezcla heterogénea de tipo de fibras, y cada tipo difiere en su bioquímica y propiedades físicas. Por ejemplo el músculo de pechuga de pollo contiene significativamente más proporción de fibras blancas que el músculo de la pierna, la cual contiene una alta proporción de fibras rojas. Generalmente las fibras rojas tienen alta concentración de mioglobina y bajas en glicógeno que las fibras blancas. Los músculos blancos son altos en enzimas glicolíticas y son rápidas en la respuesta ante la estimulación, la rápida contracción y relajación es mayor que en los músculos rojos los cuales son altos en enzimas oxidativas (Yu *et al.*, 2005).

Los músculos rojos se caracterizan por un elevado contenido de mioglobina, un sistema vascular muy desarrollado y un aporte de oxígeno muy alto. Por consiguiente están adaptados a un metabolismo oxidativo y se cree que están involucrados en actividades sostenidas y repetitivas. Como consecuencia los músculos “rojos” tienen una actividad glucolítica limitada y un contenido relativamente alto de mitocondrias (Yu *et al.*, 2005).

Las fibras rojas abundan en los músculos más activos como: muslo, contramuslo y cuello (Castelló *et al.*, 2002).

Los músculos del pectoral son de un color amarillento, debido al predominio de fibras musculares blancas y al mínimo ejercicio que realizan (Castelló *et al.*, 2002). Los músculos “blancos” tienen un contenido de mioglobina más bajo, relativamente pocas mitocondrias y un sistema vascular menos desarrollado que los músculos “rojos”. Sin embargo, tienen capacidad glucolítica mayor y se cree que están involucrados en actividades violentas de corta duración, durante las cuales el metabolismo es anaerobio (Yu *et al.*, 2005).

Todas estas características varían considerablemente entre los diversos músculos, sobre todo si se comparan los de pechuga y muslos (los de las alas son más parecidos al pectoral), e incluso entre diversas porciones de mismo músculo; como ocurre en el pectoral superficial, cuya porción anterior es la más tierna y la más próxima al esternón, la más dura. Según Castelló *et al.* (2002), si se comparan los músculos de muslos y contramuslos con los pectorales, éstos últimos presentan:

- Mayor humedad y menos grasa
- Una caída *post mortem* de pH mayor y más acelerada
- Menor capacidad de retención de agua y jugosidad
- Mayor terneza. Salvo si se da la condición pálida suave y exudativa
- Color más claro

Los músculos de las aves son estructuralmente similares a los músculos estriados de otros vertebrados y consisten en un gran número de fibras largas, o células alineadas esencialmente en paralelo. Cada fibra puede ser distinguida por su carácter bioquímico, así de simple, cada fibra puede ser especializada en su consumo de energía aeróbica o anaeróbica, ellas pueden variar de diámetro y cruce seccional de área y ser suplidos por varios metabolitos y oxígeno vía red de capilares (Harvey y Marshall, 2000).

Diferentes especies de aves tienen diferentes cantidades de músculos con respecto de su masa corporal, y estos músculos son compuestos por 4 principales células o tipos de fibras, llamadas: fibras de oxidación lenta (SO), fibras glicolíticas oxidativas rápidas (FOG), fibras glicolíticas rápidas (FG), y fibras intermedias (I) por su habilidad de oxidar entre (FOG) y (FG) (Harvey y Marshall, 2000). Mostrado en el cuadro 3.3.2.

Fibras SO: Son relativamente de movimientos lentos y cortos, pero es realmente eficiente en producir fuerza durante concentraciones isométricas, utilizando oxidación metabólica en la biosíntesis de energía rica en adenosin trifosfato (ATP) y resistente a la fatiga. (piernas y músculos de la cabeza) (Butler y Bishop, 2000).

Fibras FOG: Son hábiles para el metabolismo oxidativo y resistencia a la fatiga, pero también puede usar carbohidratos como combustible durante el metabolismo anaeróbico, tiene relativamente tipos de ayunos cortos, y es relativamente eficiente en producir fuerza lenta y corta. (Pectoralis) (Butler y Bishop, 2000).

Fibras FG: susceptibles a la fatiga, siendo estrictamente de metabolismo anaeróbico de carbohidratos, pero producen más poder por unidad de masa que un músculo SO o FOG., una segunda razón, es que contiene una fracción menor de mitocondrias asociadas a sus estructuras, por lo tanto tiene más espacio para proteínas miofibrilares. (Butler y Bishop, 2000).

INERVACIÓN

En los pollos, los patrones de la inervación son relatados por los diferentes tipos de fibras. Las fibras blancas son inervadas localmente solo por una terminación nerviosa o unas cuantas, mientras que en las fibras rojas son multi inervadas por muchas terminaciones nerviosas (Harvey y Marshall, 2000).

Cuadro 3.3.2 Simplificación de las Características de los Tipos de Fibras. (Butler Bishop, 2000).

Propiedad	SO oxidación lenta Tipo I	FOG oxidación glicolítica rápida Tipo IIA	FG glicolítica rápida Tipo IIB
Velocidad de contracción	Lenta	Mediana – Rápida	Mediana – Muy rápida
Capacidad aeróbica	Alta	Alta	Baja
Capacidad anaeróbica	Baja	Moderada	Alta
Capilares suplentes	Buena	Buena	Pobre
Almacenamiento de triglicéridos	Alta	Mediana – Alta	Baja
Almacenamiento de glicógeno	Media	Mediana – Alta	Mediana – alta
Resistencia a la fatiga	Alta	Alta	Baja
Cruzamiento seccional de área	Pequeña	Mediana - chica	Mediana – Larga

3.4.- POTENCIAL HIDROGENIONES (pH)

El desarrollo del pH, color de la carne y capacidad de retención de agua (CRA) esta estrechamente conectada y asociada a con el estado de energía que guardan los músculos en el momento del sacrificio, que además esta altamente influenciado por la duración del transporte y del estrés antes y durante el sacrificio (Nissen y Young, 2006).

Bajos almacenamientos de glicógeno en el músculo a la hora del sacrificio causa un alto pH (Final) debido a una baja producción de ácido láctico post mortem. Esto conlleva a una carne con color oscuro y el riesgo de una vida corta de anaquel. Altos almacenamientos de glicógeno puede originar un rápido y corto decline del pH después del sacrificio, mientras que la canal aún permanece con altas temperaturas. Esto causa desnaturalización de proteínas, carne pálida, y baja capacidad de retención de agua (CRA). Un pH final alto conduce a la carne a una corta vida de anaquel debido a la predisposición de un alto grado de crecimiento bacteriano (Nissen y Young, 2006).

La intensiva cría de desarrollo en la masa muscular de pollos con extremos grados de crecimiento, esta causando cambios en el área y tipo de fibras musculares en varios músculos del pollo, mostrado en el incremento del grado de crecimiento, involucrando el cambio, hacia más fibras glicolíticas (Dransfield y Sosnicki, 1999). Y el porcentaje de fibras de tipo II están correlacionadas post mortem al pH y a la blancura de la carne (Larzul *et al.*, 1997).

La máxima energía presente en el músculo post mortem debe de ser consumida en el momento del sacrificio. La permanencia de glucógeno puede ser transformada en glucosa. El músculo rápidamente se hace anaeróbico, y la glucosa toma el camino de la glicolisis para suplir al adenosin trifosfato (ATP). Este efecto resulta en la acumulación de H^+ y el concomitandando descenso del pH. El ATP y otras moléculas de alta energía, como el creatin fosfato, pueden ser usados para suplir el mantenimiento de energía. Cuando el 80% del ATP es desplegado, la mayor parte se utiliza en el rigor mortis (DeFremery, 1996).

El tiempo en que el rigor mortis juega su papel, depende de los almacenamientos de energía en el músculo a la hora del sacrificio y del grado de degradación metabólica. Además, el grado metabólico determina la disminución en el pH último, el cual afecta el color de la carne y la capacidad de retención de agua a través de la desnaturalización de las proteínas (Savenije *et al.*, 2002).

Los componentes de la sangre, especialmente la hemoglobina, es un fuerte promotor de la oxidación de lípidos con la consecuencia de una corta vida de anaquel de los productos cárnicos y su consecuente alteración del pH. (Alvarado *et al.*, 2007).

Las dos principales hemo proteínas son hemoglobina y mioglobina. Generalmente la mioglobina es relativamente la menos importante en la calidad del músculo de pollo. Estudios Kranen *et al.*, (1999), reportan que casi no es detectable la mioglobina en el músculo de pechuga de pollo y la hemoglobina es la única detectable como pigmento heme en el músculo de pechuga. Por lo tanto, el contenido de sangre en el músculo de pechuga de pollo de engorda es de hemoglobina, y una excesiva hemorragia dentro de los músculos de pollo causada por las diferentes técnicas de aturdimientos y sacrificios pueden incrementar el contenido de hemoglobina. Este incremento de hemoglobina dentro de los músculos puede decrecer la vida de anaquel y puede causar un incremento en la oxidación (Alvarado *et al.*, 2007)

En el músculo post mortem, los sustratos de glicógeno, glucosa y glucosa - 6 - fosfato son convertidos a lactato a través de la glicólisis anaeróbica. La acumulación de lactato y la liberación de protones de adenosin trifosfato hidrolizados en el músculo post mortem induce a la disminución del pH. (Rammouz, 2004). En la carne de pollo, el grado y extensión de la disminución del pH es muy importante, por los factores que afectan a la calidad de la carne (Berri, 2001). Una rápida disminución en el pH, induce desnaturalización proteica, resultando en la disminución de la terneza y jugosidad, y una menor intensidad (palidez) de la coloración del músculo. En casos extremos, esto es conocido como pálido, suave y exudativo (PSE). En el músculo en el cual la disminución

del pH es lenta, resultando en un pH último alto, se denomina oscura, seca y firme (DFD) (Rammouz, 2004).

El efecto del último pH en la pérdida de agua es a efecto de su carga: si el pH disminuye, la repulsión de las fuerzas entre las miofibrillas disminuye, porque el pH es el acercamiento del punto isoeléctrico de las proteínas miofibrilares, esto reduce el espacio disponible para el agua en la célula (Hamm, 1986).

3.5- TEMPERATURA

Los músculos de la pechuga y de la pierna son los músculos económicamente más importantes de la canal de pollos de engorda. Dentro de los recientes años la industria del pollo de engorda ha experimentado un dramático incremento del consumidor en el consumo de carne deshuesada. El productor produce productos deshuesados que son más atractivos en calidad que los productos convencionales, estos procesos se llevan a cabo con deshuesamiento en frío (Yu et al, 2005).

Estudios revelan que el desarrollo del rigor mortis en músculos de puerco y las elevadas temperaturas post mortem de 37° C siempre resultan en características PSE. Por otra parte, la rápida disminución del pH ocurre dentro de los primeros minutos post mortem y es asociado con la alta temperatura muscular (Molette *et al*, 2006).

El desarrollo de PSE en la carne esta directamente relacionado con los cambios bioquímicos ocurridos en el músculo durante el desarrollo del rigor mortis, específicamente por el rápido metabolismo post mortem resultando en una rápida declinación de pH inmediatamente después del sacrificio. Un bajo pH combinado con una canal con alta temperatura post mortem causa la desnaturalización de proteínas resultando con las características de PSE (Sams y Alvarado, 2004).

Los factores post mortem tal como el enfriamiento de la canal, influencia en el desarrollo de PSE de la carne. Estudios en pavos han indicado que las temperaturas post mortem de 30° C a 37° C aceleran el metabolismo post mortem. También la permanencia de las canales a elevadas temperaturas 40° C aceleran post mortem la glicólisis y resultando con carne pálida y con poca retención de agua comparadas con las canales enfriadas dentro de

la primera hora post mortem a 4° C. Estos estudios sugieren que la canal de pavo sea enfriada rápidamente sobre todo el músculo *Pectoralis* a 25° C en menos de 60 min. post mortem para prevenir la pobre calidad de la canal, especialmente PSE (Sams y Alvarado, 2004).

La disminución de la capacidad de retención de agua (CRA) de la PSE de la carne ha sido asociada con la desnaturalización de las proteínas miofibrilares, mientras que la palidez a sido asociada a con la desnaturalización de las proteínas sarcoplásmicas (Offer, 1991).

En la literatura, es a menudo es citado que las líneas pesadas de pavos pueden exhibir una alta ocurrencia en la carne de PSE que líneas menos especializadas. Hipotéticamente el factor es el rápido crecimiento de los músculos pesados, y después de la muerte, el grado de temperatura decrece lentamente por el volumen de los músculos. A consecuencia, estas aves están propensas a desarrollar PSE en la carne (Molette *et al.*, 2006).

Bajas reservas de glucógeno en el músculo durante el sacrificio, causa un último pH alto por una baja producción de ácido láctico post mortem. Esto conduce a una carne a un color oscuro y el riesgo de tener una vida corta de anaquel. Almacenamiento alto de glicógeno y otros manejos conducen a una corta disminución del pH, después del sacrificio y por lo tanto un bajo pH con una temperatura alta en la canal. Esta causa desnaturalización de las proteínas, carne pálida, y baja capacidad de retención de agua. Un ultimo pH alto puede conducir a la carne a una corta vida de anaquel en compañía de un alto crecimiento bacteriano (Nissen y Young, 2006).

4.- HIPÓTESIS

El método de aturdimiento eléctrico no altera el pH ni la temperatura de la canal.

5.- OBJETIVOS

5.1.- OBJETIVO GENERAL

Evaluar el efecto del método de sacrificio sobre la temperatura y pH de la canal en pollo de engorda de la línea Ross.

5.2.- OBJETIVOS PARTICULARES

Evaluar los cambios en la temperatura y del pH del músculo *Pectoralis mayor* con aturdimiento eléctrico y sin aturdimiento.

Evaluar los cambios en la temperatura y pH del músculo *Biceps femoris* con aturdimiento eléctrico y sin aturdimiento.

6.- MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo fue financiado por el proyecto PAPIME EN215103 y la cátedra de investigación en Bromatología y se llevó a cabo en la nave de docencia e investigación en aves y el Taller de carnes de la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán Campo 4 de la Universidad Nacional Autónoma de México.

UBICACIÓN

La Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, se encuentra en el municipio de Cuautitlán Izcalli, Estado de México, carretera Cuautitlán – Teoloyucan Km. 25. Está situado a 2,252. m.s.n.m. (metros sobre el nivel del mar). Latitud Norte 19° 41'35" y longitud 99°11'42". Clima templado subhúmedo, con lluvias en verano. El régimen pluvial oscila entre 569 mm., y la temperatura media anual es de 14.7 con poca variación de temperatura, humedad relativa 67.9%, evaporación 1.417.0 mm., presión atmosférica 585.1 mmhg., dirección del viento: Norte – Sur. Presenta una frecuencia de 20 a 120 días de heladas al año, destacando principalmente el rango de 80 a 100 días (Estación Meteorológica Almaraz, FESC 4 UNAM).

ANIMALES

A partir de una parvada de 144 pollos mixtos, de la línea comercial Ross 308 con 6 semanas de edad y peso promedio 2.55+ .188 Kg. De peso vivo. Se seleccionaron al azar 20 pollos, los cuales se distribuyeron al azar en dos tratamientos, de 10 pollos cada uno.

TRATAMIENTO

Los métodos de sacrificio fueron:

Tratamiento A) Con aturdimiento eléctrico

Tratamiento B) Sin aturdimiento

Tratamiento A: Se aturdieron eléctricamente con tenazas colocadas en ambos extremos del cuerpo del ave (cresta y cloaca), con una corriente de 120 V 60 Hz, durante 4 segundos. Siguiendo inmediatamente al corte ventral completo de las dos yugulares y las dos carótidas, seguidas de un sangrado de 2.5 minutos.

Tratamiento B: Se degollaron directamente, haciendo un corte de un solo movimiento firme con un cuchillo, justo debajo de la cabeza y el cuello en dirección rostral, cortando ambas yugulares y carótidas. El tiempo de desangrado fue de 2.5 minutos.

Una vez desangrados los animales se escaldaron en una tina con agua a $51^{\circ} \pm 1^{\circ} \text{C}$, durante 2.0 min.; se desplumaron y se evisceraron manualmente, seguidas de un lavado con agua corriente de las canales.

Las canales se sometieron a un choque térmico en una tina con agua y hielos a 4°C , por 10 min., para ser almacenadas en una cámara frigorífica a 6°C durante 24 hrs. post mortem.

pH y TEMPERATURA

Se utilizó un diseño factorial $2 \times 2 \times 2$ para evaluar los efectos en los músculos (Pectorales o Bíceps) del método de sacrificio (con aturdimiento (c/a) y s/a), en dos tiempos (0 y 24 horas post mortem), las variables de respuesta fueron: pH y Temperatura.

El pH se midió introduciendo directamente el electrodo en el músculo *Pectoral mayor* derecho y en el *Bíceps femoral* derecho de cada canal. La medición inicial (pH inicial) se efectuó después del choque térmico y en los mismos músculos se volvió a medir el pH a las 24 horas post mortem (pH final), pero en diferente lugar que el primero. Ésta variable se midió con un potenciómetro de carne previamente calibrado de marca Hanna Instruments HI 8314 membrane pHmeter, el cual se calibró con una solución Buffer pH 4.

Las temperaturas se midieron en los músculos antes mencionados en los mismos tiempos, con un termómetro de bayoneta digital modelo N. 31308- KC, Type K Thermoeouple, Atkins Technical, Inc. Gainesville Florida.

7.0 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

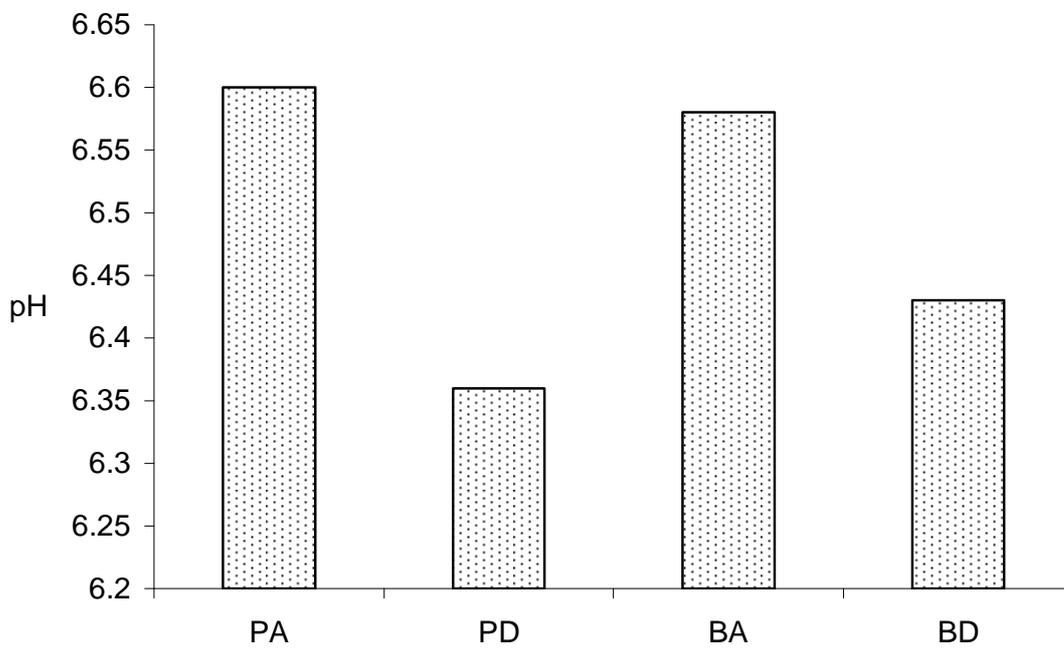
Los datos obtenidos de las variables estudiadas se analizaron conforme al diseño empleado, para analizar los datos se utilizó un diseño factorial $2 \times 2 \times 2$ considerando como factores: 1° factor: dos tipos de músculos (*Pectoralis Mayor* y *Biceps femoris*), 2° factor: los dos tipos de sacrificio (Con aturdimiento eléctrico y degüello directo), 3° factor: tiempos de las mediciones (a las 0 Hrs. Y 24 Hrs. Post mortem) y las variables son el pH y la temperatura.

8.0.- RESULTADOS

pH

La figura 8.1 muestra los resultados de pH a las 0 horas *post mortem*, se observa que el pH fue mayor en ambos músculos de los pollos aturdidos en relación con los no aturdidos.

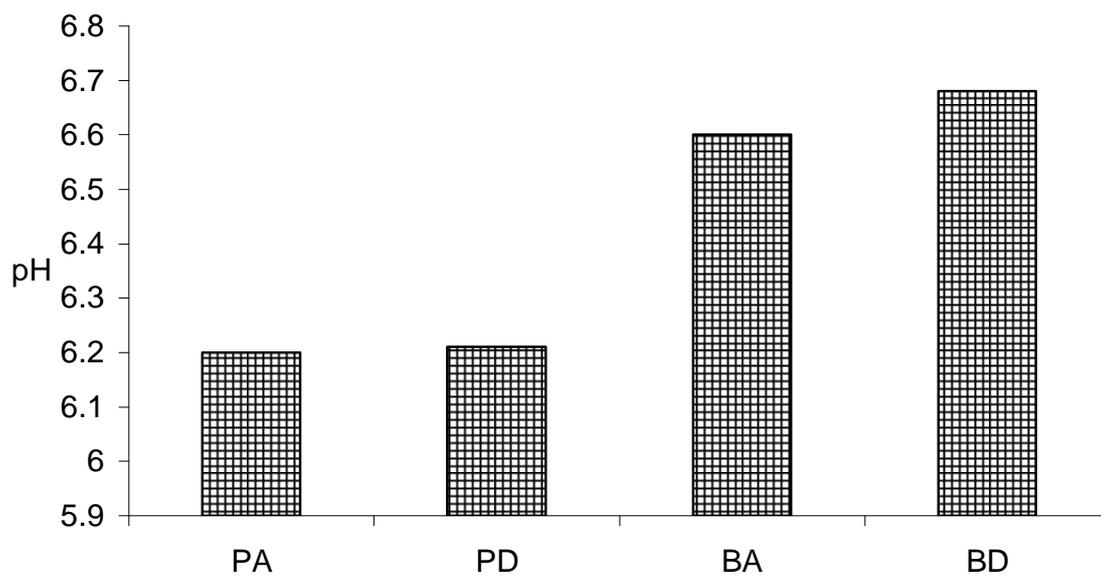
Figura 8.1. pH a las 0.0 horas *post mortem* de *Pectoralis* y *Bíceps* con aturdimiento y sin aturdimiento.



PA: Pectoralis Aturdido
BA: Bíceps Aturdido
PD: Pectoralis sin aturdimiento
BD: Biceps sin aturdimiento

Los resultados en el figura 8.2 muestran los resultados del pH a las 24 horas *post mortem*, se obseva que el pH de los *Pectoralis* son menores que de los *Bíceps*, independientemente el tipo de sacrificio.

Figura 8.2. pH a las 24 horas *post mortem* de *Pectoralis* y *Bíceps* con aturdimiento y sin aturdimiento.



PA: Pectoralis Aturdido
BA: Bíceps Aturdido
PD: Pectoralis sin aturdimiento
BD: Biceps sin aturdimiento

En el cuadro 8.1 se observa que hubo diferencias significativas en el pH entre los tipos de sacrificio y en los tiempos *post mortem*.

Cuadro 8.1 Análisis estadístico de pH

Variable Dependiente: PH

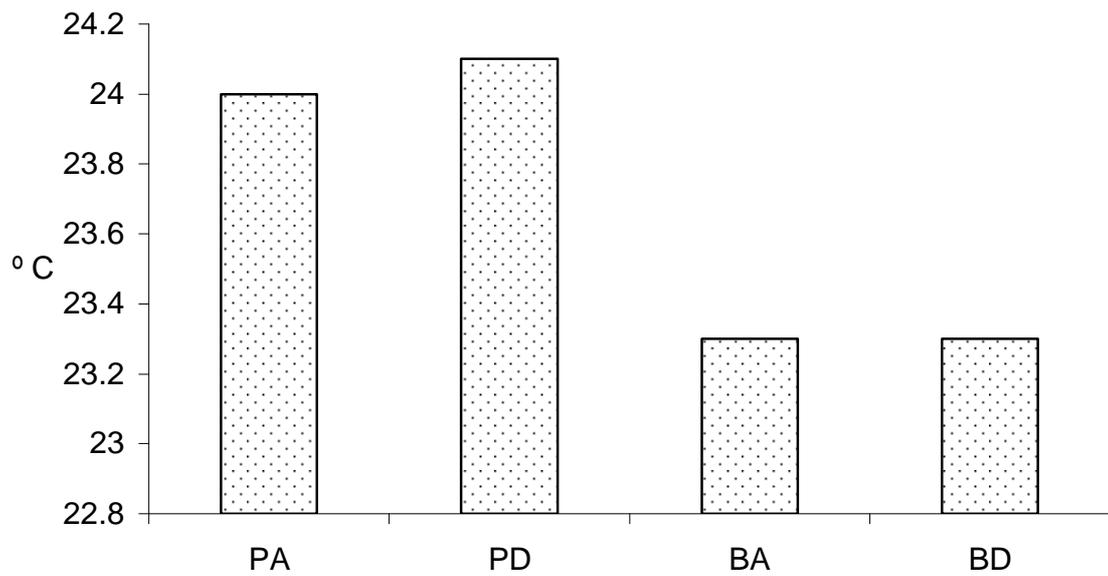
Fuente	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados Medios	F	Sig.
Corrected Model	3.058 ^a	7	.437	8.405	.000
Intercept	3483.612	1	3483.612	67033.541	.000
MÚSCULOS	7.140E-02	1	7.140E-02	1.374	.245
SACRIFIC	1.833	1	1.833	35.274	.000
TIEMPOS	.826	1	.826	15.898	.000
MÚSCULOS * SACRIFIC	4.351E-03	1	4.351E-03	.084	.773
MÚSCULOS * TIEMPOS	3.081E-02	1	3.081E-02	.593	.444
SACRIFIC * TIEMPOS	.222	1	.222	4.263	.043
MÚSCULOS * SACRIFIC * TIEMPOS	7.021E-02	1	7.021E-02	1.351	.249
Error	3.742	72	5.197E-02		
Total	3490.412	80			
Correccion Total	6.799	79			

a. R Squared = .450 (Adjusted R Squared = .396)

TEMPERATURAS

Los resultados de la figura 9.2.1 muestran la temperatura en los *Pectoralis*, que son más altas que en los *Bíceps*. En los mismos *Pectoralis* es más alto el valor en el sacrificado sin aturdimiento.

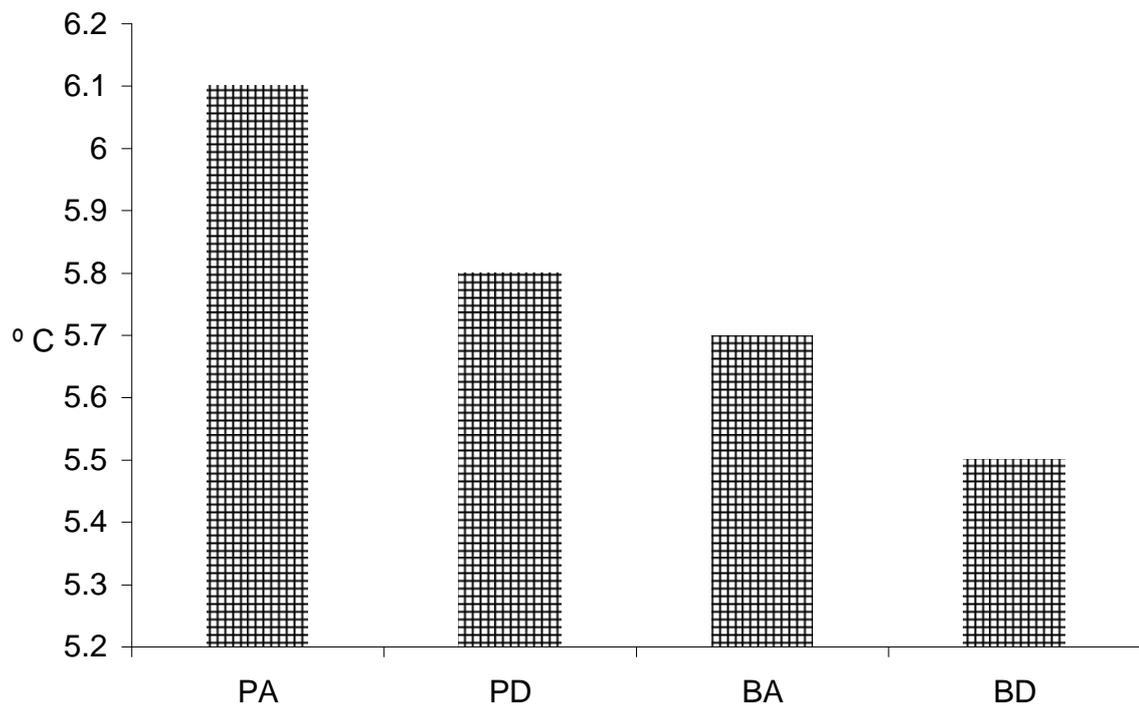
Figura 9.2.1 Temperatura a las 0 horas *Post mortem* en los músculos *Pectoralis* y *Bíceps* con aturdimiento y sin aturdimiento.



PA: Pectoralis Aturdido
BA: Bíceps Aturdido
PD: Pectoralis sin aturdimiento
BD: Biceps sin aturdimiento

La figura 8.2.2 muestra las lecturas de Temperatura a las 24 horas *post mortem* en donde la temperatura más altas es en los músculos *Pectoralis* con ambos métodos de sacrificio, seguidas de temperaturas más bajas las de los músculos *Bíceps*. Los músculos sin aturdimiento son inferiores a las temperaturas de los músculos con aturdimiento eléctrico.

Figura 8.4. Temperatura a las 24 hrs. *Post mortem* de *Pectoralis* y *Bíceps* con aturdimiento y sin aturdimiento.



PA: Pectoralis Aturdido
BA: Bíceps Aturdido
PD: Pectoralis sin aturdimiento
BD: Biceps sin aturdimiento

El cuadro 8.2 muestra la diferencia estadística significativa de temperatura entre dos factores: tipo de músculos y tiempos, así como su interrelación entre ambos.

Cuadro 8.2 Análisis estadístico de temperatura

Variable dependiente: TEMPERAT

Fuente	+ Cuadrados medios	Grados de libertad	Cuadrados Medios	F	Sig.
Corrected Model	21230.987 ^a	7	3032.998	1216.579	.000
Intercept	36082.513	1	36082.513	14473.208	.000
MÚSCULOS	148.512	1	148.512	59.570	.000
SACRIFIC	2.112	1	2.112	.847	.360
TIEMPOS	21027.613	1	21027.613	8434.474	.000
MÚSCULOS * SACRIFIC	1.013	1	1.013	.406	.526
MÚSCULOS * TIEMPOS	49.613	1	49.613	19.900	.000
SACRIFIC * TIEMPOS	.612	1	.612	.246	.622
MÚSCULOS * SACRIFIC * TIEMPOS	1.513	1	1.513	.607	.439
Error	179.500	72	2.493		
Total	57493.000	80			
Corrected Total	21410.487	79			

a. R Squared = .992 (Adjusted R Squared = .991)

9.0.- DISCUSIÓN

El pH de los músculos esta asociado al estado de energía de los mismos en el momento del sacrificio y esta influenciado, entre otros, por el estrés que sufra el animal antes y durante el sacrificio (Nissen y Young 2006). El glícogeno almacenado en los musculos previo al sacrificio representa las últimas reservas enérgicas, ya que durante el sacrificio no se tiene otra fuente de energía más que la almacenada en el músculo, de aquí de que se disponga de esta energía anaérobicamente en el caso de que haya trabajo muscular en el sacrificio (Nissen y Young, 2006; Raj *et al*, 2006). El pH mayor en los músculos de los animales sacrificados con aturdimiento eléctrico, se puede explicar por la cantidad de glícogeno en músculo durante el sacrificio y la poca actividad muscular al momento de la muerte, ya que el animal se encuentra en un estado inconciente y solo hay una contracción de cuerpo entero, al momento de la descarga eléctrica. En comparación con el sacrificio sin aturdimiento eléctrico, el cuerpo experimenta movimientos involuntarios ya que el sistema nervioso central no tiene control de los mismos, lo que ocasiona el consumo de las fuentes de energía almacenadas en el músculo como glícogeno, glucosa, y glucosa-6-fosfato, los cuales se transforman en lactato a través de glicólisis anaeróbica; la acumulación de lactato y la liberación de protones de la hidrólisis del adenosin trifosfato *post mortem* induce una disminución en el pH muscular (Savenije *et al.*, 2002; Remignon *et al.*, 2006).

En cuanto a los valores obtenidos en este trabajo, se encontró que fueron similares a los que reportan Rammouz *et al.* (2004) en pavos y Nissen y Young (2006) en pollos de engorda.

Si bien el pH a las 24 horas no es estadísticamente significativa entre ambos músculos, existen diferencias bioquímicas entre estos, por lo cual los resultados tienen un significado biológico. Los valores de pH más bajos a las 24 horas en *Pectoralis* en relación con *Biceps* se pueden explicar por las diferencias en el tipo de fibras entre ambos músculos, las fibras blancas predominan en *Pectoralis* y las rojas en *Biceps*. Las fibras blancas retienen más calor lo que ocasiona mayor actividad metabólica y por lo tanto mayor consumo de glícogeno y ATP, lo cual desencadena mayor producción de ácido láctico (Concalves, 2003; Nissen y Young, 2006).

Los resultados obtenidos en pH a las 24 horas coinciden con los obtenidos por Nissen y Young (2006) en *Pectoralis mayor* y *Bíceps femoris* de pH a las 24 horas *post mortem* con aturdimiento eléctrico.

El pH a las 24 horas *post mortem* depende tanto de la velocidad de caída del pH a las 0 horas, como del tiempo que tarda la temperatura en disminuir para que no exista reacción metabólica (Remignon *et al.*, 2006). Las diferencias entre el pH a las 0 y a las 24 horas obtenidas en este trabajo se puede atribuir al contenido de reservas energéticas, al tipo de fibra muscular, a la temperatura intra-muscular, al tiempo de enfriamiento, principales factores de la desnaturalización proteica (Sams y Alvarado, 2004).

En mamíferos, la disminución en el pH *post mortem* es principalmente determinada por el contenido del glicógeno muscular al momento del sacrificio. Esto indica que los mecanismos biológicos como la concentración de glicógeno contribuye significativamente en la regulación *post mortem* de la glicólisis en el músculo de pollo. También sugieren que el contenido del glicógeno al momento del sacrificio modifica el pH muscular con pequeños cambios en el color y en la expresión de humedad (Rammouz *et al.*, 2004).

Los valores de pH no decrecieron ampliamente después de 24 horas en Bíceps debido probablemente a la actividad metabólica y tamaño del músculo.

El tipo de sacrificio empleado forma parte de la estabilización del pH a las 24 horas *post mortem* aunque no el único factor.

Las temperaturas a las 0 horas *post mortem* superiores en *Pectoralis* comparados con *Bíceps* sin importar el método de sacrificio empleado se pueden explicar por el tipo de fibra que constituye a cada músculo, ya que el *Pectoralis* está constituido en su mayoría por fibras blancas, las cuales están relacionadas a una pérdida lenta de calor a la hora de la muerte, lo que conyeva a una alta reacción metabólica con la consecuente acidificación y un valor de pH bajo (Yu *et al.*, 2005).

Los resultados de temperatura obtenidos en este trabajo a las 0 horas *post mortem*, tanto en *Pectoralis* como en *Bíceps* son similares a los de Yu *et al.* (2005) y Nissen y Young (2006) en pollos.

La temperatura mayor en *Pectoralis* sin importar el método de aturdimiento, en relación con *Biceps*, se explica porque el músculo de pierna (*Biceps*) de pollo de engorda contiene grandes proporciones de fibras rojas comparadas con los músculos de la pechuga. Las fibras rojas son conocidas como más frías y con largo periodo de descongelamiento que las fibras blancas y músculos con altas concentraciones de fibras blancas (Yu et al, 2005). Asimismo, esto concuerda con la susceptibilidad al enfriamiento y al descongelamiento rápido que varia entre especies y entre tipos de músculos, los músculos rojos son más susceptibles a perder temperatura que los músculos blancos (Yu *et al.*, 2005).

Un patrón similar de la temperatura de la canal fue encontrado por Sams y Alvarado (2004) en pavos y por Yu *et al.* (2005) y Nissen y Young (2006) en pollos.

10.0 CONCLUSIONES

- El método de sacrificio afecta el pH a las 0 horas *post mortem*; el aturdimiento eléctrico evitó la caída rápida de este parámetro.
- La temperatura a las 0 horas *post mortem* esta fuertemente influenciada por el tipo de músculo.
- La temperatura a las 24 horas *post mortem* esta influenciada por el tipo de músculo.

11.0.- ANEXOS

Cuadro 11.1. Medición de pH y T° a las 0 hrs. Y a las 24 horas. de *Pectoralis mayor* con dos métodos de sacrificio.

Concepto	Tiempo <i>post mortem</i> (horas)	Tratamiento	
		Aturdimiento	Sin aturdimiento
pH Inicial	0	6.60±0.05	6.36±0.10
pH Final	24	6.20±0.03	6.21±0.03
T° Inicial	0	24±0.14	24.1±0.45
T° Final	24	6.1±0.17	5.8±0.13

Cuadro 11.2 pH y T° a las 0 y a las 24 horas de *Biceps femoris* con con dos métodos de sacrificio.

Concepto	Tiempo <i>post mortem</i> (horas)	Tratamiento	
		Aturdimiento	Sin aturdimiento
pH Inicial	0	6.58±0.05	6.43±0.06
pH Final	24	6.60±0.04	6.68±0.05
T° Inicial	0	23.3±0.26	23.3±0.3
T° Final	24	5.7±0.21	5.5±0.16

12.0.- BIBLIOGRAFÍA

Alvarado C. Z., M. P. Richards, S. F. O`Keefe, H. Wang. 2007. The Effect of Blood Removal on Oxidation and Shelf Life of Broiler Breast Meat. *Poultry Science* (86) 156-161.

Berri C. 2001 *Poultry meat processing and quality*, INRA, France.

Betti M., y Fletcher D.L. 2005 The influence of Extraction and Precipitation pH on the Dry Matter Yield of Broiler Dark Meat, *Poultry Science* 84: 1303-1307.

Bilgili S. F. 2000 Los efectos de la producción sobre la calidad de la canal de pollo de engorda, Primer Simposium Latinoamericano de Procesamiento de Aves y Calidad del Producto. ANECA, Abril, , Guanajuato, Gto. México.

Butler P. J. and C. M. Bishop. Flight. 2000 *Sturkie´s Avian Physiology*. Fifth Edition. 391-436.

Carroll C.D., C. Z. Alvarado, M. M. Brashears, L. D. Thompson, and J. Boyce. 2007 Marination of Turkey Breast Fillets to Control the Growth of *Listeria monocytogenes* and Improve Meat Quality in Deli Loaves. *Poultry Science* (86) 150-155.

Castelló, L. J. A., Cebo B. R., Cerero B. R., García M. E. 2002. *Producción de carne de pollo*. Real Escuela de Avicultura, 2ª Ed. España.

Concalves Nunes Fabio 2003 *Aturdir correcto - ¿Por qué es tan difícil?*, Industria Avícola, Julio.

Daniel W.W. 2004. *Bioestadística, Bases para el análisis de las ciencias de la salud*. 4ª Ed. en español. Editorial Limusa.

DeFremery, D. 1996 The Physiology and biochemistry of Muscle as Food. E.J. Madison WI. page 205.

Dransfield, E., y A.A. Sosnicki. 1999 Relationship between muscle growth and poultry meat quality. Poultry Science 78: 743-746.

FAO, Perspectivas alimentarias (análisis del mercado mundial). Deposito de documentos de la FAO. No.1, junio 2006, <http://www.fao.org/docrep/009/j7927s/j7927s08.htm#32>

Fernandez, X.A. Forslid, y E. Tornberg. 1994. The effect high post mortem temperature on the development of pale and exudative pork: Interaction with ultimate pH. Meat Sci. 37: 133-147.

Fletcher, D.L. 1999 Broiler breast meat color variation, pH, and texture. Poultry Science 78: 1323-1327.

Gregory N.G., 2005 Recent concerns about stunning and slaughter, Meat Science, 70 (3): 481-491.

Gregory, N. G. y Wilkins, L. J. 1990 Broken bones in chickens: effect of stunning processing in broilers. British Poultry Science 31, 53-58.

Gregory, N. G. y Wilkins, L. J. 1990 Effect of stunning current on downgrading in turkeys. British Poultry Science 30, 761-764.

Gregory, N. G. y Wotton, S. B. 1986 Effects of slaughter on the spontaneous and evoked activity of the brain. British Poultry Science 27, 195-205.

Gregory, N. G. y Wotton, S.B. 1990 Effect of stunning on spontaneous physical activity in the brain. British Poultry Science 31, 215-220.

Hamm, R. 1986. Reference methods for the assessment of physic characteristics in meat. Meat Sci. 49: 447-457.

Harvey A. L. y I. G. Marshall. 2000. Skeletal Muscle, Sturkie's Avian Physiology. Fifth Edition. 123-140.

Heath, G. E., Thaler, A. M. y James, W. O. 1994 A survey of stunning methods currently used during slaughter of poultry in commercial poultry plants. Journal of Applied Poultry Research 3, 297-302.

López C.A. y Herbert, E.W. 1975 The Private Franklin, The man and his Family, 1st edn. W.W. Norton, New York, pp 44-45.

Molette C., V. Sérieye, M. Rossignol, R. Babilé, X. Fernandez, y H. Régnon, 2006, High Post mortem Temperature in Muscle Has Very Similar Consequences in two Turkey Genetic Lines, (Processing, Products, and Food Safety) Poultry Science 85: 2270-2277

Nissen P.M. y Young J.F., 2006, Creatine Monohydrate and Glucose Supplementation to Slow- and Fast- Growing Chickens Changes the Post Mortem pH in Pectoralis Major, Poultry Science 85: 1038-1044.

Norma Oficial Mexicana NOM-033-ZOO-1995, Sacrificio humanitario de los animales domésticos y silvestres.

Ortega, S. de T. 2006. La avicultura en el Marco de la Globalización I de II partes. Tecnología Avípecuaria en Latinoamérica "Integral" Año 19 No. 219, pp. 42-44.

Pesado Francisco Alonso, 2007, Algunos aspectos de la comercialización de la carne de pollo y de huevo para plato, Los Avicultores y su Entorno, año 9, No. 54, Dic 2006-Ene, pp 12-20.

Raj A.B.M., 2003, A critical appraisal of electrical stunning in chickens, *World's Poultry Science Journal*, 59: 89-97.

Raj A.B.M., y M. O'Callaghan, 2004, Effects of electrical water bath stunning current frequencies on the spontaneous electroencephalogram and somatosensory evoked potentials in hens, *British Poultry Science*, Volume 45, Number 2, pp. 230-236.

Raj A.B.M., M. O'Callaghan y T.G. Knowles, 2006, The effects of amount and frequency of alternating current used in water bath stunning and of slaughter methods on electroencephalograms in broilers, *Animal Welfare*, 15: 7-18.

Raj A.B.M., M.O'Callaghan y S.I. Huges., 2006, The effects of amount and frequency of pulsed direct current used in water bath stunning and slaughter methods on spontaneous electroencephalograms in broilers., *Animal Welfare*, 15: 19-24.

Raj A.B.M., M.O'Callaghan y S.I. Huges., 2006, The effects of pulse width of a direct current used in water bath stunning and of slaughter methods on spontaneous electroencephalograms in broilers, *Animal Welfare*, 15: 25-30.

Raj A.B.M., 2006, Recent development in stunning and slaughter of poultry, *World's Poultry Science Journal*, September, Vol. 62: 467-484.

Raj, A.B.M., y Gregory, N.G. (1994) An evaluation of humane gas stunning methods for turkeys. *Veterinary Record*, 135, 222-223.

Raj, A.B.M., Wilkins, L.J., Richardson, R.I., Johnson, S.P. y Wotton, S.B. 1997 Carcase and meat quality in broiler either killed with a gas mixture or stunned with an electric current under commercial processing conditions. *British Poultry Science* 38, 169-174.

Rammouz R., Rabilé R. y Fernandez X., 2004, Effect of Ultimate pH on the Physicochemical and Biochemical Characteristics of Turkey Breast Muscle Showing Normal Rate of Postmortem pH Fall, Poultry Science 83: 1750-1757.

Remignon, H., Molette C., Babile R., y X. Fernandez, 2006, Current advances in proteomic analysis and its use for the resolution of poultry meat quality problems, World's Poultry Science Journal, Vol. 62: 123-129.

Bejarano S. Martín, 2000, Enciclopedia de la carne y de los productos cárnicos, Vol. 1, Ediciones Martín & Macias, España.

Sams A.R., y Alvarado C.Z., 2004, Turkey Carcass Chilling and Protein Denaturation in the Development of Pale, Soft, and Exudative Meat, Poultry Science 83: 1039-1046.

Sams A. 2000, Calidad del producto en la planta de procesamiento, Department of Poultry Science, Texas A&M University, College Station, Texas U.S.A.

Sanders Davida y Wiebe van der Sluis, 1996. Stuninng Methods and their Influence on Bird and Carcass, World Poultry, 12 (1).

Savenije B., F.J.G. Schreurs, H.A. Winkelman-Goedhart, M.A. Gerritzen, J. Korf, y E. Lambooi, 2002, Effects of Feed Deprivation and Electrical, Gas, and Captive Needle Stunning on Early Postmortem Muscle Metabolism and Subsequent Meat Quality, Poultry Science 81: 561-571.

UNA,(Unión Nacional de Avicultores). 2006 Consultado en <http://www.una.com.mx/index.htm>

Updike M.S., H. N. Zerby, J. C. Sawdy, M. S. Liburn, G. Kaletune, M. P. Wick. 2005. Turkey breast meat functionality differences among turkeys selected for body weight and/or breast yield. Meat Science 71 (2005) 706-712.

Zerby M.S., H.N., Sawdy J.C., Liburn M.S., Kaletune G., Wick M.P. 2005 Turkey breast meat functionality differences among turkeys selected for body weight and/or breast yield, *Meat Science* 71: 706-712.

Yang N., Jiang R.S., 2005, Recent advances in breeding for quality chickens, *World's Poultry Science Journal*, Vol. 61: 373-381.

Yu L.H, E. S. Lee, J. Y. Jeong, H. D. Paik, J. H. Choi, C. J. Kim. 2005. Effects of thawing temperature on the physicochemical properties of pre-rigor frozen chicken breast and leg muscles. *Meat S*