



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
CUAUTITLÁN

**Evaluación del efecto del ultrasonido aplicado en carne de conejo sobre
algunos parámetros fisicoquímicos relacionados con la aptitud tecnológica**

TESIS
QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
INGENIERA EN ALIMENTOS

PRESENTA:
Brenda Ileana Rojas López

TUTORES:
DRA. ADRIANA LLORENTE BOUSQUETS
M.C JONATHAN CORIA HERNANDEZ

CUAUTITLÁN IZCALLI, ESTADO DE MÉXICO, 2017



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



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.

**UNIDAD DE ADMINISTRACIÓN ESCOLAR
DEPARTAMENTO DE EXÁMENES PROFESIONALES**

ASUNTO: VOTO APROBATORIO

M. en C. JORGE ALFREDO CUÉLLAR ORDAZ
DIRECTOR DE LA FES CUAUTITLÁN
PRESENTE

ATN: I.A. LAURA MARGARITA CORTAZAR FIGUEROA
Jefa del Departamento de Exámenes Profesionales
de la FES Cuautitlán.

Con base en el Reglamento General de Exámenes, y la Dirección de la Facultad, nos permitimos comunicar a usted que revisamos el: Trabajo de Tesis

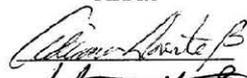
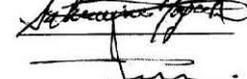
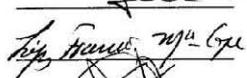
Evaluación del efecto del ultrasonido aplicado en carne de conejo sobre algunos parámetros fisicoquímicos relacionados con la aptitud tecnológica.

Que presenta la pasante: **Brenda Ileana Rojas López**
Con número de cuenta: **308119549** para obtener el Título de la carrera: Ingeniería en Alimentos

Considerando que dicho trabajo reúne los requisitos necesarios para ser discutido en el **EXAMEN PROFESIONAL** correspondiente, otorgamos nuestro **VOTO APROBATORIO**.

ATENTAMENTE
"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"
Cuautitlán Izcalli, Méx. a 19 de Octubre de 2017.

PROFESORES QUE INTEGRAN EL JURADO

	NOMBRE	FIRMA
PRESIDENTE	<u>Dra. Adriana Llorente Bousquets</u>	
VOCAL	<u>I.B.Q. Saturnino Maya Ramírez</u>	
SECRETARIO	<u>M. en C. Tais Nopal Guerrero</u>	
1er. SUPLENTE	<u>I.A. María Guadalupe López Franco</u>	
2do. SUPLENTE	<u>Dr. Enrique Fuentes Prado</u>	

NOTA: los sinodales suplentes están obligados a presentarse el día y hora del Examen Profesional (art. 127).

LMCF/lmcf

**Esta tesis forma parte de los
proyectos del Taller
Multidisciplinario de Ingeniería en
Alimentos: Procesos Tecnológicos
de Productos Cárnicos**

**Laboratorio 7 de Bioconservación en la
Unidad de Investigación Multidisciplinaria
de la Facultad de Estudios Superiores
Cuautitlán**

**Se agradece al Proyecto DGAPA-PAPIIT
IT202312 "ESTRATEGIAS DE
BIOCONSERVACIÓN Y CONSERVACIÓN DE
LA CARNE Y SUS PRODUCTOS" por el
apoyo recibido para este proyecto de tesis**

**Y al Proyecto PIAPI 1635 "PROCESOS
TECNOLÓGICOS DE PRODUCTOS
CÁRNICOS"**

AGRADECIMIENTOS

Es muy gratificante poder disfrutar este triunfo a lado de las personas que me han apoyado en todo momento, que han sido mi gran fortaleza y saber que también son gran parte de ello. Doy gracias a la vida por haberme permitido dicho logro y haber disfrutado el camino.

Atreveos: el progreso solamente se logra así.-Victor Hugo.

INDICE GENERAL

Resumen.....	9
Introducción.....	10
CAPÍTULO 1	12
MARCO TEÓRICO.....	12
1.1 Carne	13
1.1.1 Carne de conejo.....	13
1.2 Estructura del músculo	14
1.2.1 Proteínas (musculares).....	15
1.2.2 Fibras musculares	15
1.2.3 Tejido conectivo	18
1.3 Mecanismo de relajación y contracción.....	18
1.4 Parámetros de calidad.....	19
1.4.1 pH.....	20
1.4.2 Capacidad de retención de agua (CRA).....	22
1.4.3 Capacidad emulsificante (CE).....	23
1.5 Factores que afectan la calidad de la carne.....	24
1.5.1 Manejo <i>ante-mortem</i>	24
1.5.2 Método de insensibilización y sacrificio.....	25
1.5.3 Manejo <i>post-mortem</i>	25
1.5.3.1 Transformación de músculo a carne	25
1.5.3.1.1 Pre rigor.....	26
1.5.3.1.2 Rigor mortis.....	26
1.5.3.1.3 Etapa de maduración	27
1.6 Ultrasonido en procesamiento de alimentos	27
1.6.1 Tipos de ultrasonido	28
1.6.2 Mecanismos de acción de ultrasonido	29
1.6.3 Efectos de ultrasonido en carne.....	30
Justificación.....	32
Objetivo general	33
Objetivo particular 1	33
Objetivo particular 2	33
Hipótesis.....	33
CAPÍTULO 2	34

METODOLOGÍA EXPERIMENTAL.....	34
Cuadro metodológico.....	35
2.1 Actividades preliminares	36
2.1.1 Acondicionamiento de la materia prima	36
2.1.2 Determinación de geometría	36
2.1.3 Estandarización de las condiciones de operación y manejo de muestra en el equipo...37	
2.1.4 Determinación de tiempos de sonicación	38
2.1.5 Selección de las unidades experimentales	38
2.2 Experimentación	39
2.2.1 Evaluación de muestra control y muestras sonicadas de (3, 6 h) y 24 h <i>post-mortem</i> ...39	
2.2.1.1 pH.....	39
2.2.1.2 Capacidad de Retención de Agua (CRA).....	40
2.2.2.3 Capacidad Emulsificante (CE)	41
2.3 Diseño experimental.....	42
CAPÍTULO 3	43
ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	43
3.1 pH.....	44
3.2 Capacidad de Retención de agua (CRA)	46
3.3 Capacidad Emulsificante (CE).....	48
Contrastación de hipótesis.....	51
Conclusiones.....	51
Referencias	53

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Estructura del músculo (esquelético)	14
Figura 2. Vista de la estructura interna de una fibra	17
Figura 3. Vista al microscopio de las proteínas contráctiles	17
Figura 4. Mecanismo de contracción muscular	19
Figura 5. Disminución del pH después del sacrificio	21
Figura 6. Efecto del pH muscular sobre el agua inmovilizada en la carne.....	23
Figura 7. Proceso de cavitación	30
Figura 8. Metodología experimental.....	35
Figura 9. Acondicionamiento de la materia prima.....	36
Figura 10. Retiro de hueso del tren posterior	37

Figura 11. Envasado de muestra y envasadora	37
Figura 12. Control de la temperatura del baño ultrasónico	38
Figura 14. Equipo de ultrasonido.....	39
Figura 13. Acomodo de muestra en el equipo	39
Figura 15. Potenciómetro con electrodo de punción.....	40
Figura 16. Centrífuga	40
Figura 17. Muestras en tubos de centrífuga.....	41
Figura 19. Ruptura de la emulsión	42
Figura 18.Método para CE	42
Figura 20. Resultados de pH de muestras de carne de conejo.....	44
Figura 21. Gráfica de cajas para resultados de pH en carne de conejo	46
Figura 22. Resultados de CRA de muestras de carne de conejo.....	47
Figura 23. Gráfica de cajas para resultados de CRA en carne de conejo	48
Figura 24. Resultados de CE de muestras de carne de conejo.....	49
Figura 25. Gráficas de cajas para resultados de CE en carne de conejo	50

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Categoría de las canales	13
Cuadro 2. Duración del rigor mortis en diferentes especies	27
Cuadro 4. pH promedio de muestras.....	44
Cuadro 5. Análisis de varianza para pH.....	45
Cuadro 6. Valores Promedio de %CRA.....	46
Cuadro 7. Análisis de varianza para CRA.....	48
Cuadro 8. Valores promedio de CE	49
Cuadro 9. Análisis de varianza para CE.....	50

ABREVIATURAS

T	Temperatura
t	Tiempo
min	Minuto
M	Molar
mL	Mililitro
rpm	Revoluciones Por Minuto
O/W	Aceite en Agua
MHz	Megahertz
kHz	Kilohertz
US	Ultrasonido
UAI	Ultrasonido de Alta Intensidad
UBI	Ultrasonido de Baja Intensidad
CRA	Capacidad de Retención de Agua
CE	Capacidad Emulsificante
kg	Kilogramos
h	Horas
%	Porcentual
°C	Grados Celsius
ATP	Trifosfato de Adenosina
PI	Punto isoeléctrico

Resumen

El objetivo de dicho trabajo fue la evaluación del efecto de la aplicación de ultrasonido de alta intensidad en carne de conejo México Extra en la etapa de *rigor* y a las 24 h *post-mortem*, sobre algunos parámetros fisicoquímicos (CRA, CE y pH) relacionados con su aptitud tecnológica para así contribuir en la elaboración de productos procesados.

Se trabajó con canales de conejo raza California de 70 días de edad, se obtuvieron los trenes posteriores por disección y se acondicionaron retirando grasa visible y *epimisio*, posteriormente se refrigeraron a 4°C 3 h *post-mortem* y se envasaron al vacío en bolsas tipo *pouch sealed air™ Cryovac* y fueron colocadas en un *Ultrasonic Cleaners* (Modelo 8890) Cole Parmer, USA, con agua fría (4°C) y hielo para mantener la temperatura. Las muestras envasadas fueron tratadas con ultrasonido de baja frecuencia (42 kHz) aplicado de manera perpendicular a las fibras musculares, durante 5 y 10 min. Las muestras fueron removidas de las bolsas de vacío y se les analizó pH con un potenciómetro Orion Star Series Meter Thermo Scientific. Beverly, USA con electrodo de punción. Se determinó la capacidad de retención de agua empleando una centrífuga (*Centurion Scientific Ltd* modelo K2015R United Kingdom) y la capacidad emulsificante. Las muestras sonicadas a las 6 y 24 h *post-mortem* se mantuvieron en refrigeración nuevamente después de ser envasadas hasta ser tratadas para su análisis. Todas las determinaciones se realizarán por triplicado realizando un ANOVA de dos vías con Minitab 16.0 para su análisis estadístico.

Estableciendo que sí se logró un aumento de CRA a 3 y 6 h *post-mortem* tanto con 10 como con 5 min de sonicación más no al aplicar el tratamiento a las 24 h; de igual modo logrando un aumento en pH y CE a las 3, 6 y 24 h *post-mortem* con la aplicación de ambos tiempos de US.

Se establece que es durante la etapa de *rigor mortis* la aplicación de 10 min de ultrasonido de alta intensidad en la carne de conejo raza California clasificación México Extra donde se favorece el efecto del ultrasonido en CE y CRA. Concluyendo al correlacionar el análisis en CE y CRA, que dependiendo a su vez del pH, sobre estos dos parámetros, los que se afectan significativamente ($P < 0.05$) en términos de la aptitud tecnológica en la elaboración de productos procesados.

Introducción

La carne de conejo es muy apreciada por sus altas propiedades nutricionales y dietéticas: es magra y los lípidos son altamente insaturados (60% del total FA), que es rica en proteínas (20-21%) y sus aminoácidos son de alto valor biológico, baja en colesterol y sodio y rica en potasio, fósforo y magnesio (Dalle-Zotte, 2002). De ahí la importancia de su consumo.

En México se producen anualmente 14 mil toneladas de este producto. Entre las entidades federativas con mayor producción de carne de conejo se encuentran Puebla, Tlaxcala, Morelos, Distrito Federal, Michoacán, Guanajuato, Querétaro, Hidalgo, Jalisco y México (SAGARPA, 2014).

Sin embargo, el consumo de la carne de conejo en México es muy inferior comparado con varios países europeos mediterráneos como Francia, España, Italia y Malta. Algunos factores como la tradición, la falta de disponibilidad del producto en lugares accesibles al consumidor, el precio elevado de la carne, el rechazo por una supuesta apariencia desagradable de la canal y el desconocimiento en las formas de preparación, entre otros, han sido mencionados como causa de cierta incertidumbre en cuanto al consumo de dicha carne (Gamboa et al., 2002).

Tradicionalmente la carne de conejo se comercializa en canales completas y desde hace algunos años se ha desarrollado un mercado de canales troceadas. Una posible forma de incrementar el consumo de carne de conejo podría ser a través de presentaciones más atractivas para el consumidor, que podrían incluir cortes envasados o desarrollando presentación de raciones listas para cocinar y productos procesados como carne para hamburguesas o salchichas (Dalle-Zotte, 2002).

Alrededor del mundo, los productos cárnicos han jugado un importante papel en la cultura, economía y nutrición de los consumidores. Especies no convencionales como la carne de conejo ha dejado de ser vista como una opción para su consumo después de preparaciones culinarias o de su sometimiento a procesos de conservación como el ahumado, demostrando su versatilidad al ser transformada para la elaboración de productos tales como jamón y salchicha que presenta rendimientos comparables con otras especies. Por tal motivo, se convierte en una alternativa viable para imprimirle valor agregado a la actividad cunícola; se debe tener en cuenta que si se piensa en su

aprovechamiento se deberá implementar técnicas que faciliten la extracción de su carne y aumenten el rendimiento de la misma, de modo que se pueda aprovechar sus ventajas comparativas desde el punto de vista de calidad sensorial, permitiendo así aumentar su valor comercial (Vásquez & Martínez, 2009).

Al hablar de calidad nos refiere a diferentes parámetros de tipo nutricional (proteínas, carbohidratos, vitaminas, minerales y lípidos), microbiológicos, sensoriales (color, olor, sabor, terneza y jugosidad) y tecnológicos (capacidad de retención de agua, pH y consistencia de la grasa). La calidad tecnológica se refiere a las propiedades de la carne relacionadas con su aptitud para su conservación o preparación (López, 2004).

Por lo que las propiedades de la carne que son de mayor interés para el consumidor se ven fuertemente afectados por los tratamientos de la canal en las primeras horas *post-mortem* ya que la transición a partir de músculo a carne se acompaña de cambios cuantitativos en varios metabolitos (glucógeno, ácido láctico, ATP, fosfato) y propiedades físicas (pH, fuerza iónica, la contractilidad). El proceso de glucólisis puede variar ampliamente entre las canales con el tratamiento administrado en el período *post-mortem* temprano y se manipula fácilmente.

Actualmente la industria alimentaria se está volviendo cada vez más consciente en la importancia del desarrollo de nuevas técnicas de análisis para el estudio de materiales alimenticios complejos, y para controlar las propiedades de los alimentos durante el procesamiento. Las investigaciones en la última década han demostrado los beneficios potenciales del tratamiento con ultrasonido como una tecnología alternativa para modificar las propiedades físicas y/o químicas de la carne y productos cárnicos (Jayasooriya et al., 2004).

Es por eso que se plantea el proyecto de estudiar el efecto de la aplicación de ultrasonido de alta intensidad en carne de conejo México Extra en la etapa de *rigor* y a las 24 h *post-mortem*, sobre algunos parámetros fisicoquímicos relacionados con su aptitud tecnológica contribuyendo en la optimización de elaboración de productos procesados y así beneficiar su consumo.

CAPÍTULO 1

MARCO TEÓRICO

1.1 Carne

Según la NOM-194-SSA1-2004, se entiende por carne a la estructura muscular estriada esquelética, acompañada o no de tejido conectivo, hueso y grasa, además de fibras nerviosas, vasos linfáticos y sanguíneos; proveniente de los animales para abasto, que no ha sido sometida a ningún proceso que modifique de modo irreversible sus características sensoriales y fisicoquímicas; se incluyen las refrigeradas o congelada.

1.1.1 Carne de conejo

La carne de conejo se obtiene del mamífero *Oryctolagus cuniculus* el cual pertenece al orden *Lagomorpha* y a la familia de los Lepóridos, conocido como conejo doméstico (NMX-FF-105-SCFI-2005).

De acuerdo a la NMX-FF-105-SCFI-2005 la carne de conejo que se clasifique en sus diferentes categorías, debe ser firme y fresca y estar libre de pelo, tumoraciones, hematomas, hemorragias, manchas blancas en el hígado. La grasa superficial superficial e interna debe ser de color blanco nacarado.

Para los efectos de esta norma, el conejo para abasto se clasifica en las siguientes categorías:

- México Extra
- México 1
- México 2

Cuadro 1. Categoría de las canales

Categoría	Peso en canal (kilogramos)	Edad (días)
México Extra	1.0 a 4.5	Hasta 77
México 1	0.9 a 1.8	Hasta 100
México 2	Menor de 0.9 o mayor de 1.8	Cualquier edad

Fuente: NMX-FF-105-SCFI-2005 Productos pecuarios - carne de conejo en canal - calidad de la carne- clasificación

México Extra (NMX-FF-105-SCFI-2005)

La conformación de la canal clasificada en esta categoría, debe estar caracterizadas por:

- Conformación general de su raza;
- El cuello, pecho y brazos deben ser musculosos;
- El dorso y lomos deben ser carnosos y amplios;
- Los muslos deben estar bien desarrollados, libre de deformidades y con los contornos redondeados;
- Hembras o machos para abasto hasta de 77 días de vida;
- Un peso en el rango entre 1.0 a 1.5 kg incluyendo la cabeza.

La presentación del producto de esta categoría puede ser en canal entera o en piezas, incluyendo hígado, riñones y la cabeza.

1.2 Estructura del músculo

El conocimiento de la estructura del músculo es esencial para entender las relaciones existentes entre sus propiedades y su empleo como carne. En la figura 1 se observa su estructura; las fibras se acomodan y se mantienen por medio del tejido conectivo, que actúa como envoltura, denominado *epimisio*. El tejido se adentra en el músculo dando lugar a otro nivel que se denomina *perimisio*, el cual forma grupos de fibras llamados haces o fascículos. Por último una pequeña y delgada extensión del tejido conectivo rodea a cada fibra individual denominada *endomisio* (Rodríguez, 2008).

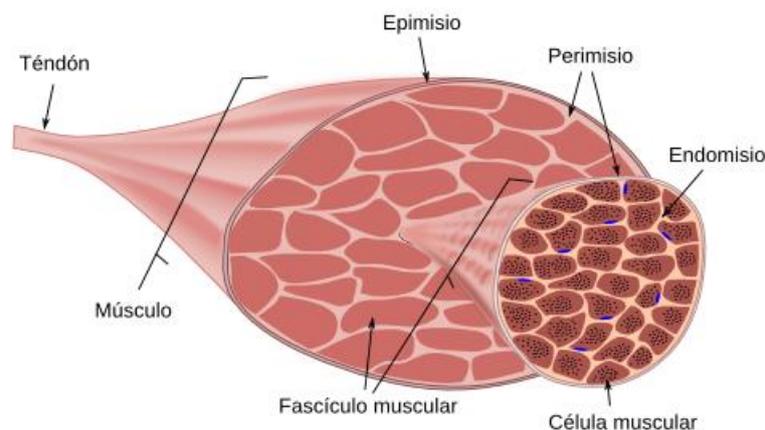


Figura 1. Estructura del músculo (esquelético)

Fuente: Molist et al, 2011.

1.2.1 Proteínas (musculares)

El músculo se compone de 75% de agua, 20% de proteínas, 3% de grasa y 2% sustancias no proteicas. Las proteínas se pueden dividir en tres grupos; miofibrilares, sarcoplásmicas y del tejido conectivo. Las proteínas miofibrilares constituyen entre el 50 y el 55% del contenido total de proteína, mientras que las proteínas sarcoplásmicas representan aproximadamente el 30-34%. El restante 10-15% son proteínas del tejido conectivo (Tornberg, 2005).

Debido a que las proteínas de la carne son las encargadas de proporcionar la rigidez al músculo, se han clasificado en tres grandes grupos de acuerdo a su función biológica y solubilidad (Badui, 2006).

- Proteínas sarcoplásmicas o solubles. Corresponden al 30-35% del total de las proteínas, se encuentran en el citoplasma de la fibra muscular. Están constituidas en su mayoría por los sistemas enzimáticos del metabolismo celular. Estos polipéptidos también se conocen con el nombre genérico de miógeno; son fundamentalmente globulinas y albúminas pertenecientes a los sistemas que intervienen en el metabolismo celular. De importancia en éste grupo es el pigmento respiratorio llamado mioglobina, responsable del color de la carne (Badui, 2006).
- Proteínas contráctiles o miofibrilares. Las proteínas miofibrilares corresponden hasta el 65-50% del total de las proteínas del músculo. Las más importantes son la actina (principal componente de los filamentos gruesos (Badui, 2006).
- Proteínas del estroma o insolubles. Este es un grupo muy abundante de polipéptidos, conforman el tejido conectivo fuerte de los tendones, la piel, el hueso y las capas rígidas que envuelven y soportan los músculos, como el *endomisio*, el *perimisio* y *epimisio*. A éste tipo de proteínas pertenece el colágeno, la elastina, la reticulina, entre otras (Badui, 2006).

1.2.2 Fibras musculares

En general, los músculos se componen de una combinación de diferentes tipos de fibras, las proporciones están relacionadas con la función muscular y la localización

anat6mica: m6sculos implicados en la postura son m6s oxidativos que los que participan en los movimientos. A parte del tipo de m6sculo, la composici6n de la fibra muscular depende de la especie, la gen6tica, la dieta, la actividad f6sica y otros factores productivos y ambientales (Ram6rez et al., 2004).

En el m6sculo se diferencian dos tipos de fibras:

1. Fibras Rojas. Se localizan en el citoplasma o sarcolema. Se caracterizan porque presentan gran cantidad de mioglobina, responsable del color rojo de las mismas. Su principal fuente energ6tica para realizar la contracci6n muscular es el gluc6geno y las grasas. La contracci6n muscular que genera es lenta, pero continua en el tiempo.
2. Fibras Blancas. Se localizan en el citoplasma o sarcolema. A diferencia de las anteriores, presentan poca cantidad de mioglobina, de ah6 que doten al m6sculo de un color m6s blanquecino y su fuente principal de energ6a muscular es la glucosa. La contracci6n muscular es de tipo r6pida.

Cada fibra contiene subunidades m6s peque1as:

- Membrana celular. Tambi6n denominada sarcolema, est6 compuesta mayoritariamente por fibras de col6geno. Su funci6n es otorgar flexibilidad y elasticidad al m6sculo.
- Citoplasma. Tambi6n denominado sarcoplasma, est6 formado por numerosas prote6nas. Estas prote6nas pueden ser:
- Ret6culo endopl6smico y ret6culo sarcopl6smico, se les denomina "Complejo T", porque forman una malla de t6bulos transversales en la fibra muscular. Su funci6n es la de aportar nutrientes y energ6a al m6sculo para favorecer la contracci6n muscular.

En el sarcolema o citoplasma de la fibra muscular encontramos prote6nas no contr6ctiles y prote6nas contr6ctiles del m6sculo. Las prote6nas contr6ctiles se disponen en la fibra muscular de forma alternativa, de tal manera que si observamos al microscopio electr6nico, diferenciamos dos regiones en funci6n del color que muestren. Las zonas que se observan de un color m6s oscuro, se les denomina bandas A y las que presentan un color m6s claro se les denomina bandas I: (Mart6n 2013) (figuras 2 y 3).

- Las bandas A, est6n formadas por actina y miosina.

- Las bandas I, están formadas solo por actina.

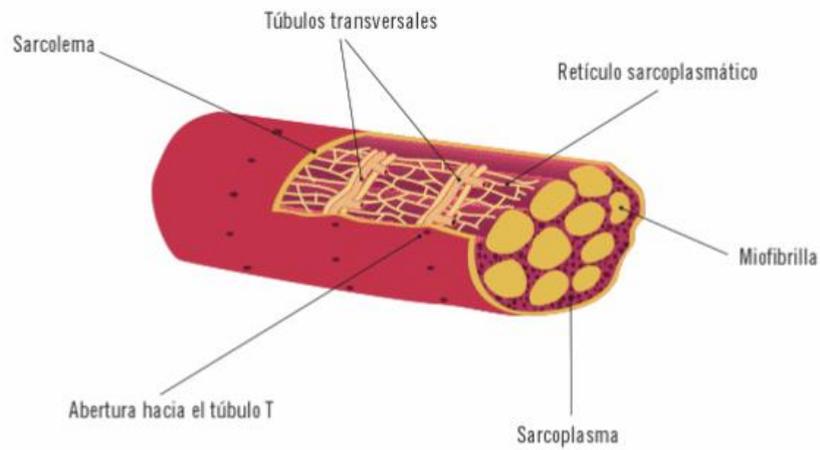


Figura 2. Vista de la estructura interna de una fibra

Fuente: Martín, 2013.

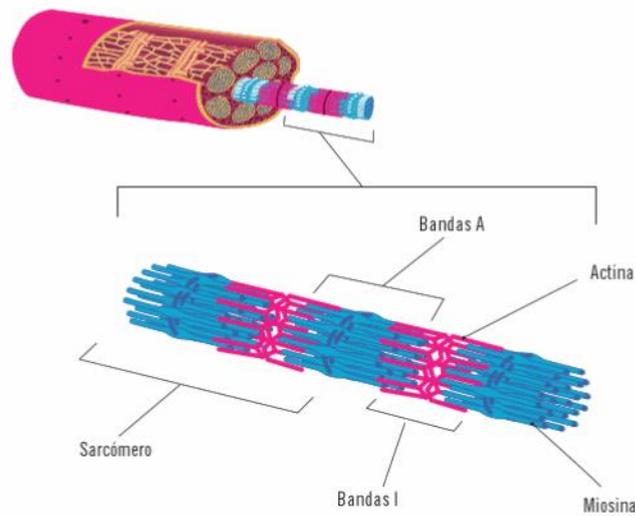


Figura 3. Vista al microscopio de las proteínas contráctiles

Fuente: Martín, 2013.

1.2.3 Tejido conectivo

El tejido conectivo está formado por diversas fibras, varios tipos de células y la sustancia fundamental amorfa (también denominada lámina basal). El tejido conectivo mantiene y soporta a los músculos mediante los tendones, *epimisio*, *perimisio* y *endomisio*. Este tejido contiene diversos tipos de células del mesénquima, macrófagos, células linfoides, células cebadas y eosinófilos (Fenema, 2000).

1.3 Mecanismo de relajación y contracción

La contracción muscular se inicia cuando llega el impulso nervioso a través de las extensiones del sarcolema, denominadas túbulos-T a partir de ello se origina una despolimerización del retículo sarcoplásmico, lo cual genera la liberación de Ca^{2+} . El calcio liberado se une a una proteína denominada troponina C, activándose con ello el mecanismo que permite la interacción de la actina con las cabezas de miosina de los filamentos gruesos y donde se da lugar a la formación del complejo acto-miosina, lo cual propicia un aumento del traslape de los filamentos gruesos y delgados, y provocan la contracción muscular (Varman & Sutherland, 1995; Lawrie, 1998; Hui & Rosmini, 2006).

Cabe destacar que la energía necesaria para la contracción muscular procede de la hidrólisis del ATP, lo cual es catalizado por la enzima ATPasa de la miosina, lo que conlleva a una disociación del complejo acto-miosina. Tan pronto como se reduce la concentración de iones Ca^{2+} y se desactiva la miosina-ATPasa, se forma el complejo ATP-magnesio que relaja y flexibiliza la estructura contráctil (Rico et al., 2009) (figura 4).

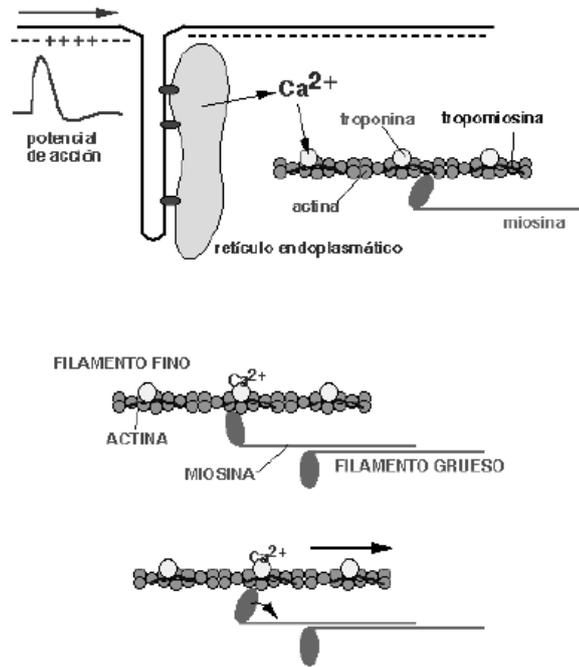


Figura 4. Mecanismo de contracción muscular

Fuente: Nelson & Cox, 2001

1.4 Parámetros de calidad

Hablar de calidad nos referimos a diferentes parámetros de tipo nutricional (proteínas, carbohidratos, vitaminas, minerales y lípidos), microbiológicos, sensorial (color, olor, sabor, ternura y jugosidad) y tecnológicos (capacidad de retención de agua, pH y consistencia de la grasa) (López, 2004).

Las características tecnológicas miden la capacidad de la carne para adaptarse a la serie de manipulaciones que tienen lugar durante los procesos de transformación y elaboración de productos de la misma. Presentan, por lo tanto, una gran importancia para el sector industrial, entre los más importantes se encuentran el pH, la capacidad de retención de agua y la consistencia de grasa (De la Cruz, 2011).

1.4.1 pH

El pH es uno de los principales parámetros a considerar para verificar la calidad de la carne, porque afecta varias de sus cualidades (color, capacidad de retención de agua, etc.). El pH es definido como el logaritmo negativo de la concentración de protones.

El pH del músculo de animales sanos y vivos es de alrededor de 7.04. Este valor se disminuye tras la muerte del animal, principalmente, debido a la degradación del glucógeno a ácido láctico, una reacción en la que el músculo trata de producir energía en ausencia de oxígeno. Esta reacción, depende importantemente de la actividad de una serie de enzimas que son sensibles a la temperatura, por lo que es relevante considerar la temperatura del músculo al momento de hacer la medición del pH (Braña et al., 2011).

A consecuencia de la acumulación de ácido láctico, el pH de los músculos pasa de valores de 6.7–7.2 a valores finales de 5.5-5.6 para músculos con actividad glucolítica y de 6.4 con actividad oxidativa, activando proteasas con centros activos de cisteína (Ordoñez, 1998 citado por Garrido, 2005). El proceso de acidificación varía según la especie, en porcinos duran aproximadamente entre 4 y 5 horas, bovinos entre 15 y 35 horas, mientras que en aves y conejos tiene una duración aproximada entre 1 y 4 horas; esto puede variar debido a la influencia de la temperatura, tamaño de la canal, evolución del pH y concentración de ATP en la que tiene lugar el proceso (Hulot & Ouhayoun, 2010).

Que la carne tenga un pH adecuado es importante desde el punto de vista sanitario y tecnológico, por los siguientes motivos:

a) Sanitarios

- Evita el crecimiento de microorganismos sensibles a ambientes ácidos.
- Inhibe el crecimiento de microorganismos proteolíticos que generan olores a rancidez y de pescado en la carne.
- Favorece la conservación de la carne.

b) Tecnológicos

- Se encuentra relacionado con la capacidad de retención de agua.
- Una carne con la acidez adecuada muestra una mayor conductividad eléctrica.

- Permite una mayor difusión de sustancias (salazón) ya que las sales, nitritos y nitratos son solubles a este valor de pH.
- Favorece la reducción de nitrato a nitrito y mejora el desarrollo del color.
- Potencia el efecto bactericida de los nitritos (Martín, 2013).

Es importante también el pH «último» o final que alcanza el tejido muscular. El pH último bajo en el vacuno proporciona resistencia al desarrollo microbiano y color normal. Ocurre a veces un pH último elevado, que puede ser producido por algún estrés ante mortem, casi siempre de naturaleza prolongada, que agota las reservas de glucógeno y limita la glucólisis *post-mortem*. Ésta es una situación común en el vacuno, a la que se debe que la carne sea oscura, firme y seca (DFD por sus siglas en inglés) (Fenema, 2000).

En los casos en que el pH *post-mortem* disminuye muy rápidamente y la temperatura muscular es por lo tanto alta, las cabezas de miosina se desnaturalizan y se contraen. La miosina desnaturalizada causará una contracción lateral más significativa de las miofibrillas y también exhibirá menor capacidad de unión al agua, consecuentemente conduciendo a una pérdida excesiva de agua, típicamente demostrada en ser pálido, blando y exudativo (PSE) (Strydom et al., 2015).

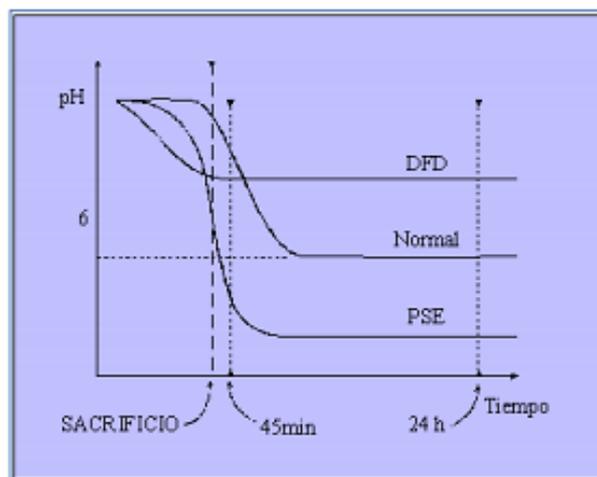


Figura 5. Disminución del pH después del sacrificio

Fuente: Braña et al., 2011.

1.4.2 Capacidad de retención de agua (CRA)

La capacidad de retención de agua varía de acuerdo a la especie, edad, raza, si bien, se ha reportado que para éste parámetro no es muy relevante el sexo del animal (Amerling, 2001). La capacidad de retención de agua de las proteínas se ve influida por varios factores ambientales (como el pH, la fuerza iónica, el tipo de sales, la temperatura) y por la conformación proteica (Fennema, 2000).

Esta es una de las características más estudiadas en cuanto a la tecnología de alimentos y de ella dependen otras propiedades más, tales como el color, la terneza y la jugosidad de los productos cárnicos. La capacidad de retención de agua se relaciona con la propiedad que tienen las proteínas cárnicas, para retener el agua, incluyendo tanto las propias como las añadidas, al someterse a un proceso de elaboración, lo cual determina dos importantes parámetros económicos como son: las pérdidas de peso en los procesos de transformación y la calidad de los productos obtenidos (Carballo et al., 2001; Flores & Bernell, 1984).

El fenómeno de retención de agua se produce a nivel de las cadenas de actino-miosina, si bien solo se refiere al agua inmovilizada y no guarda relación directa con el agua libre y/o de constitución, estando así determinada en primer lugar por una inmovilización de agua de los tejidos en el sistema miofibrilar, más el agua mantenida en el músculo (Bianchiet al., 2008; Flores y Bermell, 1984; Apple & Yancey, 2013).

Los cambios en la CRA son un indicador muy sensible de aquello que se produce en la estructura de las proteínas miofibrilares, al desnaturalizarse las proteínas, dicha CRA disminuye (López, 2004). Las proteínas exhiben su hidratación mínima a su punto isoeléctrico, al que los aminoácidos, péptidos y por interacciones proteína-proteína minimizan la interacción con el agua. Tanto al lado ácido como al lado alcalino del pH isoeléctrico, las proteínas se hinchan y fijan más agua, debido al aumento de la carga neta y de las fuerzas repulsivas (Fennema, 2000) (figura 6).

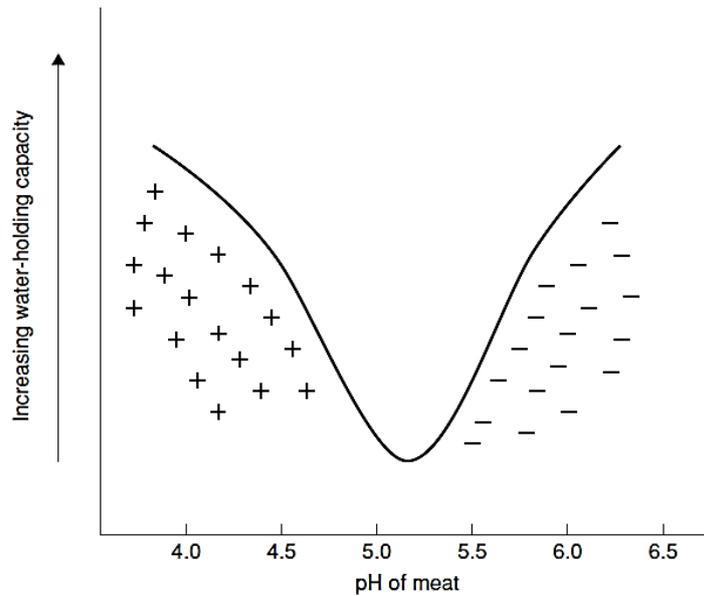


Figura 6. Efecto del pH muscular sobre el agua inmovilizada en la carne

Fuente: Apple & Yancey, 2013

1.4.3 Capacidad emulsificante (CE)

El sistema de una emulsión de carne es muy complejo, ya que la matriz de una emulsión (fase continua) esta fundamentalmente compuesta de agua y proteínas solubilizadas por efecto de la adición de sal, formando una solución salina de baja fuerza iónica que extrae fácilmente a las proteínas miofibrilares que a la vez sirven como emulsificante y a las proteínas sarcoplásmicas. En la fase continua también están presentes sales y otros componentes responsables del sabor, la extensión del producto y la cohesión. La fase dispersa está constituida por la grasa presente (Guerrero, 2006).

Para que una proteína sea un buen emulsionante de grasa y agua, debe poseer propiedades tanto hidrófilas e hidrófobas. De las proteínas de la carne, la miosina demuestra las mejores propiedades emulsionantes y es abundante, ya que comprende aproximadamente el 45% de las proteínas miofibrilares del músculo esquelético. La miosina puede cerrar la interfaz aceite-agua, como los residuos de aminoácidos no polares de la cola de la miosina serían atraídos a la superficie de las células de grasa,

mientras que los residuos de aminoácidos polares de la cabeza de la miosina estarían asociados con la fase acuosa.

En general, una matriz protéica con alta estabilidad de las grasas y capacidad de retención de agua es deseable en el procesamiento. Una falla para formar el gel puede producir una excesiva pérdida de agua y grasa, produciendo una textura blanda y harinosa (Sorapukdee et al., 2013).

La retención de agua es por tanto, una característica fundamental que debe ser estimulada en la carne destinada a la producción de emulsiones. La cantidad de agua depende, en gran medida, de la disposición espacial de las fibras de actina y miosina, lo que a su vez se debe al pH. A pH por encima o por debajo del punto isoeléctrico y el aumento en la retención de agua se produce, lo que resulta en una mayor retención de agua. La adición de solución de cloruro sódico modifica la carga eléctrica muscular, aumentando la retención de agua. Las cargas positivas del sodio se unen débilmente a las cargas negativas de las proteínas; mientras que los iones cloruro negativos se unen fuertemente a las cargas positivas de las proteínas. El resultado neto es un cambio en el punto isoeléctrico, y más moléculas de agua para interactuar con las proteínas (Hui, 2012).

1.5 Factores que afectan la calidad de la carne

El principal propósito de un manejo apropiado de los animales es, mantener su bienestar desde el arreo para su transporte al rastro, hasta la llegada de la carne a los consumidores. De este modo el manejo de los animales se divide en tres etapas:

- Manejo antes del sacrificio (*ante-mortem*)
- Manejo durante el sacrificio
- Manejo después del sacrificio (*post-mortem*)

1.5.1 Manejo *ante-mortem*

Una vez producidos los animales seleccionados deben ser transportados bajo condiciones que favorezcan el menor estrés, evitando el calor, hacinamiento, ruido y transporte de larga duración debido a que puede producir algunos cambios indeseables

sobre la carne, como cambios en el pH y coloración, sin dejar a un lado todas las cuestiones bioéticas de bienestar animal, implicadas en la producción primaria.

1.5.2 Método de insensibilización y sacrificio

El manejo durante el sacrificio comprende desde el momento de la insensibilización hasta el término del desangrado. En esta fase, el ritmo del sacrificio en el rastro debe realizarse de acuerdo a la capacidad de éste, debido que al sobrepasarla, aumenta el riesgo del sufrimiento innecesario de los animales, ocasionado por un desangrado tardío (NOM-033-ZOO-1995).

1.5.3 Manejo *post-mortem*

El manejo de la canal después del sacrificio afecta sus características físicas, fisicoquímicas y microbiológicas que repercuten en la calidad de la carne.

1.5.3.1 Transformación de músculo a carne

La transición desde músculo a carne se acompaña de cambios cuantitativos en varios metabolitos tales como el glucógeno, el ácido láctico, el trifosfato de adenosina (ATP), los fosfatos y propiedades físicas como el pH, a fuerza iónica y la contractibilidad. La conversión de músculo a carne es un proceso exigente de energía en el músculo después de la muerte, la energía es proporcionada por la degradación del glucógeno. Fosfatos ricos en energía participan en la degradación enzimática del glucógeno en ácido láctico, por lo que el pH disminuye. Aunque éste descenso en un principio es rápido, no lo hace de manera constante, más bien es de velocidad variada debido a la difusión a través de las membranas impermeables de iones, haciendo uniforme el descenso del pH, hasta que se elimina la resistencia de la membrana (Restrepo et al., 2001). Muchos microorganismos no pueden sobrevivir a un pH bajo, o por lo menos hay una disminución significativa en su división. Así, la disminución del pH proporciona cierta protección contra el deterioro bacteriano. El ácido láctico y los fosfatos también contribuyen al sabor típico de la carne (Macangaet al., 2011).

El proceso de transformación de músculo a carne se puede dividir en tres etapas: *pre rigor*, *rigor mortis* y etapa de maduración (Hui et al., 2006).

1.5.3.1.1 Pre rigor

Al primer periodo de los cambios *post-mortem* antes que se inicie el *rigor*, durante el cual el músculo es relativamente extensible y elástico (la pérdida de estiramiento ocurre lentamente), se le llama fase de demora del *rigor* o fase *pre rigor*, que varía entre especies desde unos pocos minutos a varias horas: aproximadamente 6-12 horas en el bovino y el ovino, de 15 minutos a 3 horas en el cerdo, y entre 5 minutos y una hora en aves de corral (Forrest et al., 1975).

Cuando el oxígeno se agota en el tejido muscular, se establece de manera predominante y definitiva, el metabolismo anaerobio, por lo cual se da paso a que sea la glucólisis anaerobia la única vía para generar energía. Es así como las reservas de glucógeno disminuyen y el ácido láctico se acumula en el tejido muscular, lo cual lleva a una reducción del pH, aunado a lo anterior se produce la falla en los mecanismos que controlan la temperatura corporal (Carballo et al., 2001; Hui et al., 2006; López, 2004).

1.5.3.1.2 Rigor mortis

En un músculo normal e intacto el *rigor mortis* presenta, entre otras, dos facetas principales: el acortamiento y la rigidez, que lo endurecen y hacen menos elástico y flexible. El acortamiento de los sarcómeros se origina por la formación de enlaces cruzados entre los filamentos finos y los gruesos y crean un estado de tensión continua en las fibras musculares que producen la rigidez característica del músculo (Hamm, 1981). La resolución del *rigor mortis* depende de cada especie (cuadro 2), durante esta ocurren cambios importantes en el músculo en *rigor* como son la acidificación y la producción de calor.

La velocidad de disminución es directamente proporcional a la actividad de hidrólisis del ATP. Todo factor que modifique la actividad ATPásica conlleva un cambio similar de la velocidad de caída de pH.

Cuadro 2. Duración del *rigor mortis* en diferentes especies

Especie	Aparición del <i>rigor</i>	Terminación del <i>rigor</i>
Bovino	12-14 horas	2-6 (Hasta 14 días para alcanzar una terneza máxima)
Porcino	6-12 horas	1-3 días
Pavo	1/2 -2 horas	6-24 horas
Pollo	½-1 horas	4-6 horas
Conejo	1-2 horas	5-6 horas

Fuente: Ranken, 2003.

1.5.3.1.3 Etapa de maduración

Ya desde antes de alcanzarse el pH final, estos cambios son observables: se aprecia que poco a poco se recupera la extensibilidad de los músculos y la carne sufre un proceso de ablandamiento paulatino. Por otra parte, el pH rebasa el valor mínimo alcanzado y comienza a aumentar, con lo cual la capacidad de retención de agua de la carne aumenta también. Este proceso, denominado maduración o acondicionamiento, va acompañado de una abundante producción de sustancias sápidas. El ATP originalmente presente en el músculo al momento de la muerte, y todo el formado *post-mortem* por la vía glucolítica, ya se ha degradado para entonces a ácido inosínico, una de cuyas propiedades es la de actuar como enaltecedor o potenciador de sabor, en forma muy similar al glutamato. Durante la maduración las más importantes propiedades organolépticas de la carne: la blandura y el sabor, mejoran sustancialmente. El impacto más notable de la maduración sobre la calidad de la carne es precisamente el notable ablandamiento que experimenta ésta, lo cual se conoce desde hace muchísimo tiempo (Andújar et al., 2009).

1.6 Ultrasonido en procesamiento de alimentos

La tecnología de US ha sido empleada en diferentes investigaciones de la industria de alimentos y existe un gran interés en ello, debido a que se puede aplicar de forma práctica, con equipo seguro y sobre todo puede considerarse ambientalmente sustentable.

El ultrasonido se define como la energía generada por ondas sónicas de 20 kHz o más vibraciones por segundo (Hoover, 2000). El empleo de ultrasonido de alta intensidad o también conocido como de poder o de baja frecuencia, ha demostrado ser una tecnología emergente viable para el tratamiento de alimentos, promoviendo la homogeneización y la emulsificación de sus ingredientes, la conservación al inactivar enzimas responsables del deterioro fisicoquímico, el mejoramiento de la calidad sensorial y prolongar la vida útil de los productos al inhibir el crecimiento bacteriano (Mason et al., 2001) por otro lado promueve reacciones de oxidación, ayuda en los procesos de difusión, así como en la modificación de cristalización (López-Malo et al., 2005).

La aplicación de US se puede dar de tres maneras (Chemat & Khan, 2011).

- Aplicación directa al producto
- Acoplada a un dispositivo
- Sumergido en un baño ultrasónico

Para que la tecnología de ultrasonido pueda aplicarse en procesos alimenticios, se considera que el criterio de mayor importancia es la cantidad de energía del campo generador de sonido.

1.6.1 Tipos de ultrasonido

La generación de ultrasonido (US) se fundamenta en la deformación elástica de materiales ferroeléctricos, dentro de un campo eléctrico de alta frecuencia y es causada por la mutua atracción de moléculas polarizadas en el campo (Raichel, 2006). Para la polarización de las moléculas se debe transmitir una frecuencia alternante mediante dos electrodos hasta el material ferroeléctrico. Después se obtiene la conversión a oscilación mecánica y el sonido puede ser transmitido a un amplificador para finalmente transmitirse al medio. El ultrasonido es generado por una corriente eléctrica que se transforma mediante transductores, los más empleados son: transductores conducidos por líquidos, de magneto rígido y piezoeléctricos, estos últimos transductores son los más empleados para la generación de sonido y tienen cerca del 95% de eficiencia y pueden operar en todo el intervalo ultrasónico (Mason, 1998).

Desde el punto de vista industrial, el ultrasonido se puede dividir en dos grandes grupos: Ultrasonido de alta intensidad (UAI) y el ultrasonido de baja intensidad (UBI). El UAI es usado para modificar procesos o productos, mientras que el UBI se aplica para el diagnóstico (Condón et al., 2005).

En general, el equipo de ultrasonido utiliza frecuencias de 20 kHz a 10 MHz. El ultrasonido de mayor potencia a frecuencias más bajas (20 a 100 kHz), que se conoce como “Power ultrasound”, tiene la capacidad de causar cavitaciones (implosión de burbujas de gas), que tiene uso en el procesamiento de alimentos para inactivar microorganismos. El ultrasonido de baja intensidad proporciona información sobre las propiedades físico-químicas, mientras que el ultrasonido de alta intensidad es utilizado para alterar, ya sea físicamente o químicamente, las propiedades de los alimentos, por ejemplo, para generar emulsiones, romper las células, promover reacciones químicas, inhibir enzimas, ablandar la carne, y procesos de cristalización.

En los tratamientos con un sólido sumergido en un fluido, el ultrasonido podría acelerar el transporte interno de entrada de fluidos en la matriz sólida y/o su salida más fácil y también facilitar los intercambios entre la superficie sólida y el líquido (Cárcel et al., 2012). Por último, los ultrasonidos producen un calentamiento del medio. La resistencia que ofrecen las partículas de un medio a la vibración y fricción entre ellas provocan la conversión de la energía acústica en calor. Esta absorción de energía puede ser especialmente importante en las interfaces y se incrementa a medida que aumenta la frecuencia.

El calentamiento producido por el ultrasonido representa una elevación de unos pocos grados al inicio del tratamiento. En cambio en medios líquidos, el incremento de temperatura puede resultar significativo (Raso et al., 1999; Mulet, Cárcel et al., 2003).

1.6.2 Mecanismos de acción de ultrasonido

Cuando una onda sónica se propaga en un medio líquido de forma longitudinal, se crean ciclos de compresión y expansión alternados. Cuando la presión negativa en el líquido, creada por el ciclo de expansión alternativo, es lo suficientemente menor para superar las fuerzas intermoleculares (fuerza de tensión), se forman pequeñas burbujas. Durante

el subsecuente ciclo de expansión compresión, las burbujas de gas se expanden y contraen simultáneamente. Esta formación y la evolución de tamaño de estas burbujas se conoce como cavitación. La fuerza de tensión en líquidos puros es muy alta y difícil de superar, sin embargo, la mayoría de los líquidos contienen burbujas de gas que pueden actuar como núcleos de cavitación, aun cuando la presión negativa del proceso sea baja (Condón et al., 2005) (figura7).

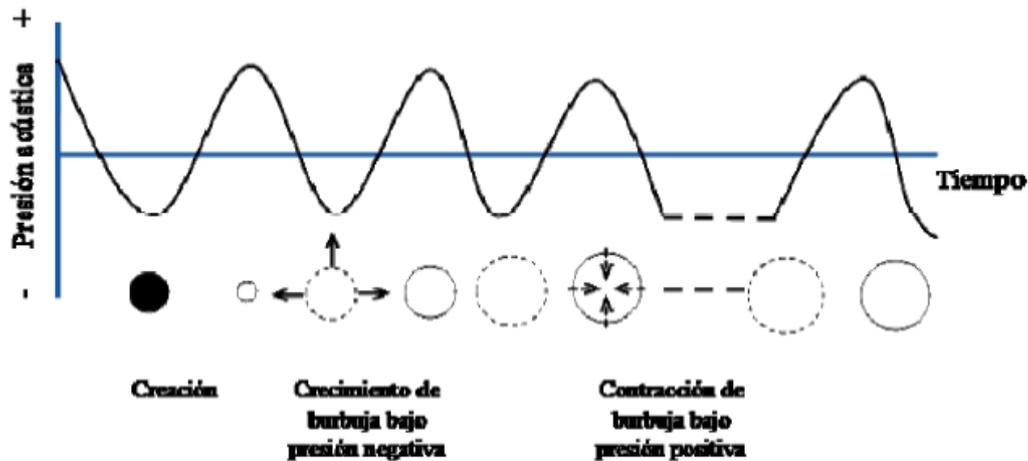


Figura 7. Proceso de cavitación

Fuente: Zheng & Sum, 2006.

1.6.3 Efectos de ultrasonido en carne

El ultrasonido hace uso de fenómenos físicos y químicos que son fundamentalmente diferentes a los que se aplican convencionalmente en las técnicas de extracción, procesamiento y conservación. Ofrece ventajas en términos de productividad, rendimiento y selectividad, ya que se obtienen mejores tiempos de proceso, mejora la calidad, reduce riesgos químicos y físicos y se considera ambientalmente amigable. Actualmente es considerada una técnica de procesamiento sustentable, debido a que típicamente emplea menos tiempo, agua y energía (Chemat & Khan, 2011).

El ultrasonido puede actuar de dos maneras: mediante la ruptura de la integridad de las células musculares o mediante la mejora de las reacciones enzimáticas, es decir, a través de un efecto bioquímico.

En el procesamiento de la carne, el tratamiento con ultrasonido se ha aplicado con éxito para mejorar la fuerza de unión, capacidad de retención de agua, el color del producto y el rendimiento de carne procesada (Vimini et al., 1983), y fue informado que es beneficioso en el proceso de enterneamiento de la carne (Roberts, 1992).

La aplicación del ultrasonido a la carne de *pre rigor* se postula que afecta transitoriamente a las membranas, liberando catepsinas y también causando la liberación de calcio, que puede activar la glucólisis así como estimular la actividad calpaína; influyendo potencialmente en el metabolismo, así como en la actividad proteolítica (Sikes et al., 2014).

Se ha demostrado que las ondas ultrasónicas de alta intensidad pueden romper las células y desnaturalizar las enzimas, y que incluso el ultrasonido de baja intensidad es capaz de modificar el metabolismo de las células.

Justificación

Debido al bajo consumo de carne de conejo en México y al tener un alto valor nutritivo se plantea el uso de ultrasonido de alta intensidad en diferentes tiempos desde la matanza como posible alternativa en la mejora de algunos parámetros relacionados con su aptitud tecnológica para favorecer su consumo y la elaboración de productos procesados, siendo así una opción viable en la aceptación de los consumidores y su uso en la industria de los alimentos, cobra gran relevancia, ya que actualmente hay muy poca investigación acerca del tema. Es por eso que se plantea el proyecto de estudiar el efecto de la aplicación de ultrasonido de alta intensidad en carne de conejo México Extra en la etapa de *rigor* y a las 24 h *post-mortem*, ya que son las etapas más significativas en las que ocurren cambios bioquímicos que se ven reflejados sobre algunos parámetros fisicoquímicos relacionados con su aptitud tecnológica.

Objetivo general

Evaluar la influencia de la aplicación de ultrasonido de alta intensidad y tiempo de sonicación en la etapa de *rigor* y a las 24 h *post-mortem* del músculo tren posterior de conejo México Extra sobre algunos parámetros fisicoquímicos (capacidad emulsificante, capacidad de retención de agua y pH) relacionados con su aptitud tecnológica para favorecer la elaboración de productos procesados.

Objetivo particular 1

Evaluar el efecto del tiempo de aplicación de ultrasonido de alta intensidad (5 y 10 min) en el músculo tren posterior de conejo México Extra, en la etapa de *rigor* (3 y 6 h) y a las 24 h *post-mortem* mediante la determinación de parámetros físicoquímicos (capacidad emulsificante, capacidad de retención de agua y pH) para el análisis de dichas condiciones en la aptitud tecnológica para favorecer la elaboración de productos procesados.

Objetivo particular 2

Determinar el efecto de la aplicación de ultrasonido de alta intensidad en la etapa de *rigor* (3 y 6 h) y a las 24 h *post-mortem* en el músculo tren posterior de conejo México Extra, mediante la correlación de cambios en propiedades fisicoquímicas (capacidad emulsificante, capacidad de retención de agua y pH) para establecer su beneficio sobre la aptitud tecnológica en la elaboración de productos procesados.

Hipótesis

El efecto del tiempo de sonicación de alta intensidad aplicado en tren posterior de conejo será proporcional a la capacidad emulsificante, capacidad de retención de agua y pH, teniendo mayor beneficio al aplicarlo al inicio de la etapa de *rigor* (3, 6 h *post-mortem*) con la aplicación de 10 min de US.

CAPÍTULO 2

METODOLOGÍA EXPERIMENTAL

Cuadro metodológico

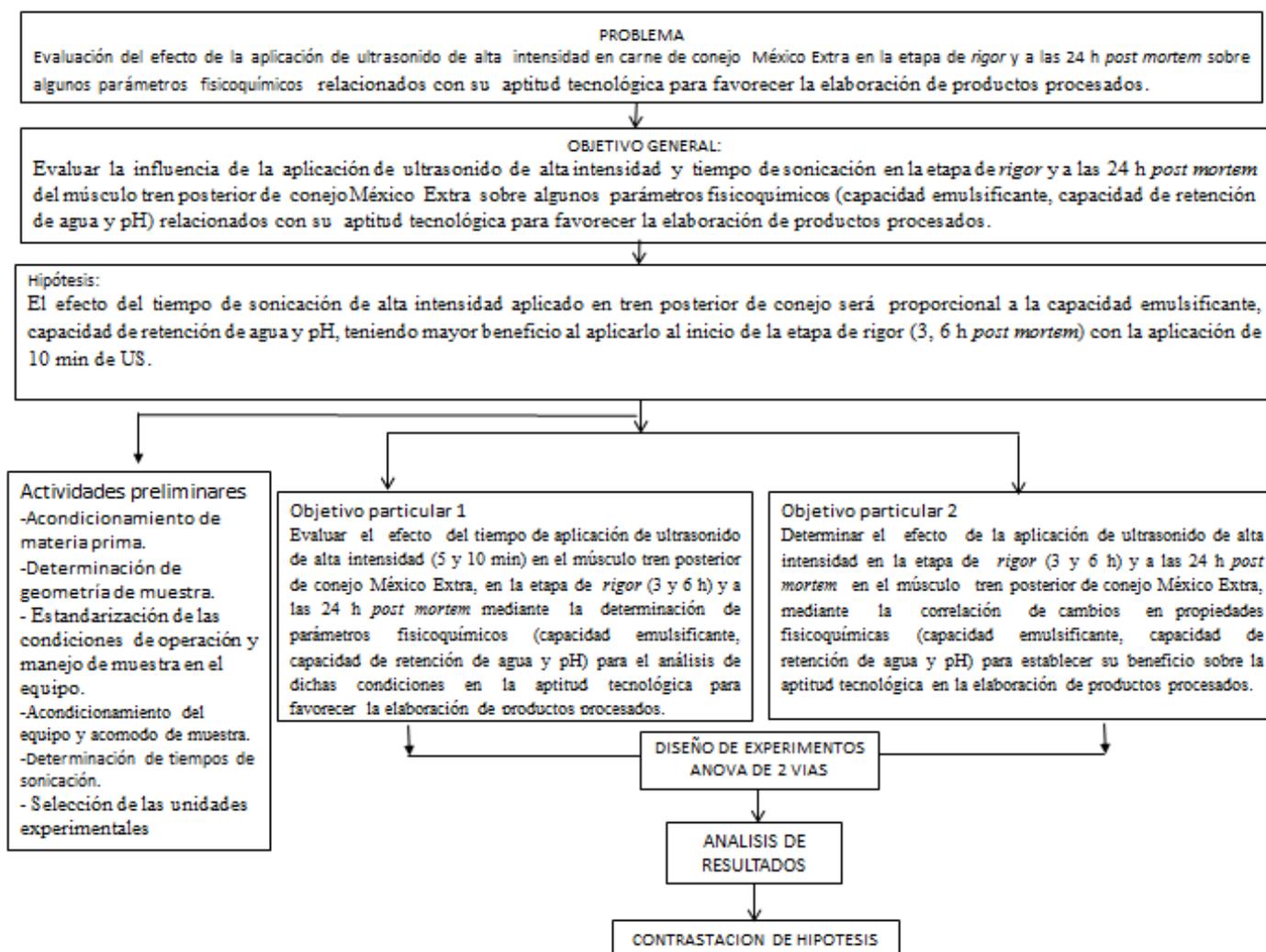


Figura 8. Metodología experimental

2.1 Actividades preliminares

2.1.1 Acondicionamiento de la materia prima

El estudio se realizó con 10 conejos de 70 días de edad de la raza California, del módulo de conejos de la FESC-Cuautitlán.

En el taller de carnes de la FESC se obtuvieron los músculos pelvianos, los cuales fueron trasladados a 4°C al laboratorio 7. Para su acondicionamiento se retiró la grasa visible y fascias, con el fin de no actuara como barrera, en la aplicación de ultrasonido (figura 9).



Figura 9. Acondicionamiento de la materia prima

2.1.2 Determinación de geometría

Para la determinación de la geometría de las muestras experimentales de carne se descartó alguna para su tratamiento, debido a un exceso en la manipulación al momento de retirar el hueso, como se puede observar en la figura 10, por lo que se estableció el manejo de la muestra con los músculos completos.



Figura 10. Retiro de hueso del tren posterior

2.1.3 Estandarización de las condiciones de operación y manejo de muestra en el equipo

Las muestras de carne de conejo se envasaron en bolsas tipo *pouch sealed air*TM Cryovac, empleando una envasadora al vacío Mod.VC999, *Inaven Maschinene AG* (figura 11) para su manipulación durante la aplicación de ultrasonido, como barrera a la transferencia de masa con el agua, siendo resistente a la ruptura por la presencia de hueso, de igual modo, se mantuvo constante la temperatura del baño ultrasónico a 4°C con hielo triturado (figura 12).



Figura 11. Envasado de muestra y envasadora



Figura 12. Control de la temperatura del baño ultrasónico

2.1.4 Determinación de tiempos de sonicación

Los tiempos de sonicación propuestos para la aplicación de ultrasonido se establecieron con base en información bibliográfica de experimentos realizados de acuerdo al tipo de músculo y especies, ya que actualmente se carece de mayor información acerca de su aplicación en carne de conejo.

Los tiempos propuestos fueron 5, 10, 15 y 20 min; sin embargo en las pruebas preliminares se descartaron 15 y 20 min ya que las muestras presentaron una textura muy blanda.

2.1.5 Selección de las unidades experimentales

Las unidades experimentales constaron del músculo completo para cada uno de los tratamientos en la evaluación de los parámetros establecidos por triplicado.

2.2 Experimentación

2.2.1 Evaluación de muestra control y muestras sonicadas de (3, 6 h) y 24 h *post-mortem*

Aplicación de ultrasonido

Una vez acondicionada la materia prima las muestras se refrigeraron a 4°C, trascurridas 3h, *post-mortem* desde el sacrificio se envasaron al vacío en bolsas tipo *pouch sealed air™Cryovac* y se colocaron en un *Ultrasonic Cleaners* (Modelo 8890) *Cole Parmer*, USA, con agua fría (4°C) y hielo para mantener la temperatura (figura 13). Las muestras envasadas fueron tratadas con ultrasonido de baja frecuencia (42 kHz) (figura 14) aplicado de manera perpendicular a las fibras musculares, durante 5 y 10 min. Las muestras sonicadas a las 6 y 24 h *post-mortem* se mantuvieron en refrigeración nuevamente después de ser envasadas hasta ser tratadas para su análisis.



Figura 13. Acomodo de muestra en el equipo



Figura 14. Equipo de ultrasonido

2.2.1.1 pH

Para la determinación de pH, las muestras fueron removidas de las bolsas de vacío y se les analizó pH con un potenciómetro Orion Star Series Meter Thermo Scientific

(Beverly, USA) con electrodo de punción en puntos aleatorios de la muestra (figura 15). Se realizaron 3 repeticiones.



Figura 15. Potenciómetro con electrodo de punción

2.2.1.2 Capacidad de Retención de Agua (CRA)

La capacidad de retención de agua se determinó con el método reportado por Guerrero, (2002) modificado, empleando una centrífuga *Centurion Scientific Ltd* modelo K2015R (United Kingdom) (figura 16).



Figura 16. Centrífuga

Se utilizaron 5 gramos de muestra y se licuaron por 20 segundos en licuadora Oster, posteriormente se le agregaron 8 mL de una solución de NaCl 0.6 M y se centrifugaron a 5000 rpm durante 30 min a 4°C. Se realizaron 3 repeticiones por duplicado (figura 17).



Figura 17. Muestras en tubos de centrifuga

La siguiente ecuación se empleó para reportar %CRA:

$$CRA = (V_a - V_s) / (\text{peso de muestra}) * 100$$

Dónde:

V_a = volumen de solución salina añadida al tubo de centrifuga (mL)

V_s = volumen del sobrenadante (mL)

2.2.2.3 Capacidad Emulsificante (CE)

La capacidad emulsificante se determinó empleando el método reportado por Swift (1961), el cual consiste en formar una emulsión mediante la adición de aceite vegetal progresivamente a una solución de proteínas cárnicas extraídas con sal mezcladas de forma continua a alta velocidad (figura 18). Cuando la emulsión no puede contener más aceite, colapsa con un marcado descenso en la viscosidad (figura 19). La cantidad de aceite requerido para alcanzar este punto es la capacidad emulsificante. (Hui, 2012). Reportando así la cantidad de aceite emulsionado (hasta la ruptura de la emulsión) por g de muestra. Se realizaron 3 repeticiones.



Figura 19. Método para CE



Figura 18. Ruptura de la emulsión

2.3 Diseño experimental.

Las variables evaluadas (pH, CRA, CE), fueron analizadas mediante un análisis de varianza de dos vías, empleando el software MINITAB 16.0, en donde cada una de ellas fueron relacionadas por separado con el tiempo de sonicación (5 y 10 min) y el tiempo transcurrido desde el sacrificio *post-mortem* (3, 6 y 24 h).

CAPÍTULO 3

ANÁLISIS DE RESULTADOS

3.1 pH

En el cuadro 4 se presentan los resultados que se obtuvieron de pH para muestra control y muestras con 10 y 5 min de aplicación de US.

Cuadro 3. pH promedio de muestras

<i>t post-mortem</i> (h)	control	US 5min	US 10min
3	6.07	6.19	6.47
6	5.62	5.95	6.07
24	5.73	5.81	5.85

En la figura 20 se muestra el resultado promedio de los valores obtenidos en la determinación de pH tanto para la muestra control y muestras con 10 y 5 min de aplicación de US.

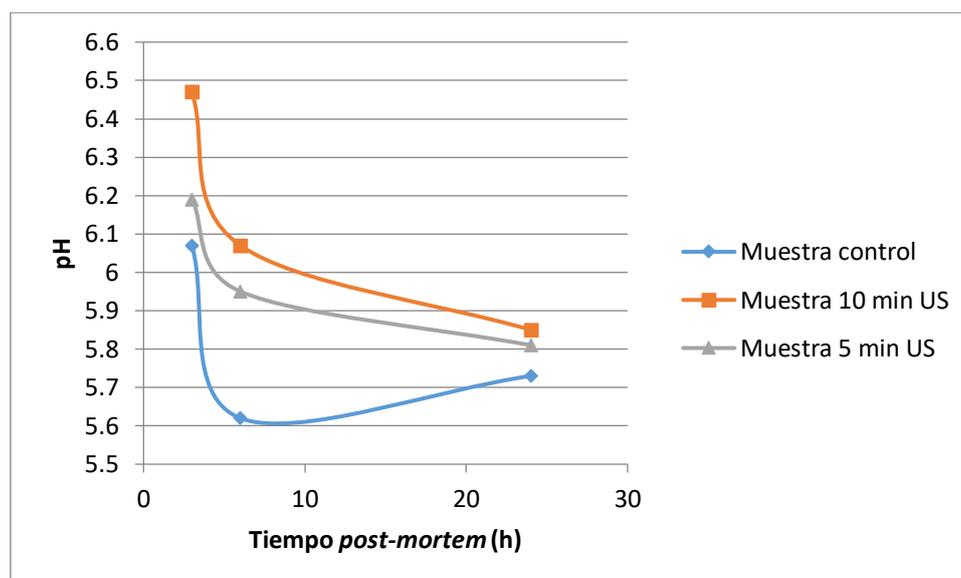


Figura 20. Resultados de pH de muestras de carne de conejo

Se puede apreciar la variación de pH en los 3 diferentes tiempos *post-mortem* (3, 6 y 24 h) donde se muestra que en un inicio el pH de la muestra control como lo cita la literatura de acuerdo a los procesos bioquímicos que ocurren durante las etapas en el músculo; es mayor en un inicio teniendo un valor de 6.07 a las 3 h, posteriormente disminuye hasta 5.62 a las 6 h y finalmente aumenta ligeramente a 5.73 a las 24 h.

Tendencia que podemos corroborar con la teoría que nos dice que la caída de pH va disminuyendo paulatinamente hasta alcanzar el valor más bajo en el establecimiento del *rigor mortis* y después surge un incremento al ir desapareciendo; sin embargo para las muestras con 5 y 10 min de aplicación de US no se sigue dicha tendencia del comportamiento de la evolución del pH ya que éste solo va disminuyendo conforme transcurre el tiempo *post-mortem* pudiéndose atribuir a que la fase de *pre rigor* se pudo haber alargado con la aplicación de US; no obstante presentan valores de pH más altos que la muestra control para cada tiempo (3, 6 y 24 h) ya que con 10 min de US va de 6.47 inicial hasta alcanzar 5.85 final y para 5 min de 6.19 inicial a 5.81 final, esto favoreciendo de cierta manera al no acercarse al pH del punto isoeléctrico de las proteínas, ya que cuando el pH del músculo *post mortem* alcanza el punto isoeléctrico (pI) de las principales proteínas miofibrilares (pI \approx 5.0-5.3), la carga neta de las proteínas contráctiles es cero. El número prácticamente igual de cargas positivas y negativas de las proteínas contráctiles en el pI causa que estos grupos positivos y negativos dentro de la proteína sean atraídos entre sí y resulta en una reducción en la cantidad de agua que puede ser atraída y mantenida por esa proteína. Sin embargo, cuando el pH está por debajo del pI hay un sobrante de las cargas positivas, y cuando el pH está por encima del pI, hay un exceso de cargas negativas, el resultado es una mayor atracción por el agua (Apple & Yancey, 2013).

Cuadro 4. Análisis de varianza para pH

Factor	Grados de libertad	Suma de cuadrados	de Cuadrados medios	Valor de F	Valor de P
t de sonicación (min)	2	0.10963	0.054815	11.74	0.001
t <i>post-mortem</i> (h)	2	0.95045	0.475226	101.75	0.000
Interacción	4	0.21006	0.052515	11.24	0.000
Error	18	0.08407	0.004670		
Total	26	1.35421			

Los valores del análisis estadístico para pH nos indica que existe diferencias altamente significativas ($P < 0.01$) entre los tiempos *post-mortem*, los tiempos de sonicación y su interacción. Sin embargo, en la figura 21 se identifica que sólo para las muestras a las 3 y 24 h *post-mortem* sonicadas con 10 min se logra distinguir dichas diferencias al no

intersectarse con las muestras control respectivamente, esto por la alta variación entre los resultados de las réplicas para las demás muestras.

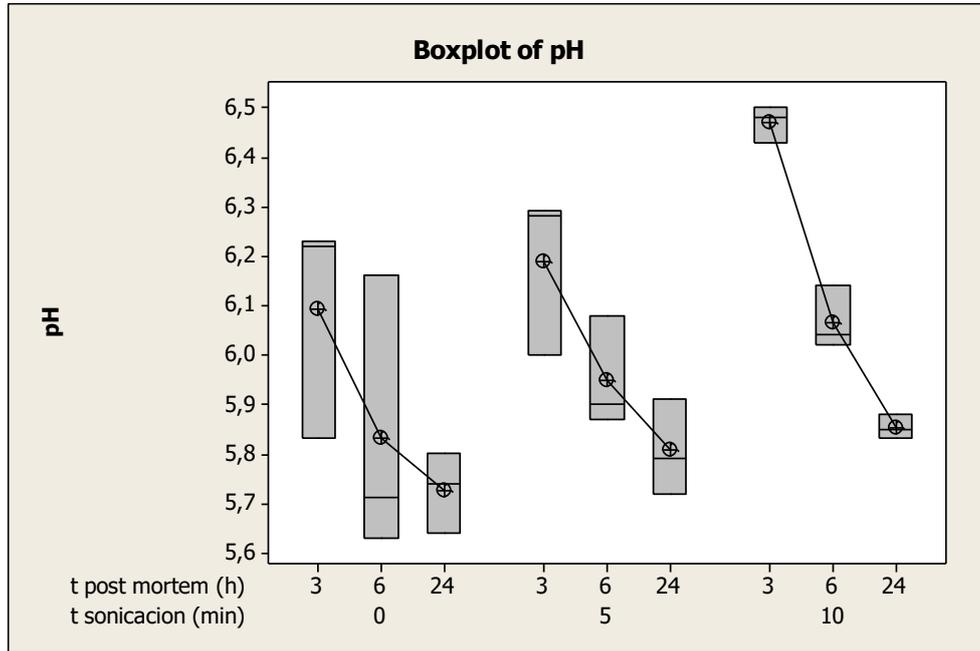


Figura 21. Gráfica de cajas para resultados de pH en carne de conejo

3.2 Capacidad de Retención de agua (CRA)

En el cuadro 6 se muestran los promedios de CRA para muestra control y muestras con 10 y 5 min de aplicación de US.

Cuadro 5. Valores Promedio de %CRA

t post-mortem (h)	control	US 5min	US 10min
3	4.33	10.33	11.67
6	5.83	10.67	12
24	18.67	13.33	13.67

En la figura 22 se puede apreciar que para la muestra control la variación del %CRA con respecto al tiempo *post-mortem* va incrementándose ya que a las 3 h es de alrededor del 4%, aumenta casi al 6% a las 6 h y hasta alrededor del 18% a las 24 h; siguiendo el mismo comportamiento las muestras con aplicación de US con un incremento en el %CRA solamente a las 3 y 6 h tanto con 10 y 5 min de tratamiento, siendo mayor para

las muestras con 10 min. No obstante al aplicar el tratamiento a las 24 h *post-mortem* no se logra obtener un aumento en dicho parámetro puesto que disminuye a un 14% con 5 min y a 12 % con 10 min de sonicación a comparación de la muestra control que tuvo un 18% CRA aproximadamente. Por lo que el aumento de la capacidad de retención de agua al aplicar el ultrasonido durante la etapa de *rigor* se pudo haber logrado gracias a la exposición de moléculas cargadas de los aminoácidos de las proteínas que atraen las cargas del agua por la desnaturalización que se puede dar por efecto del tratamiento.

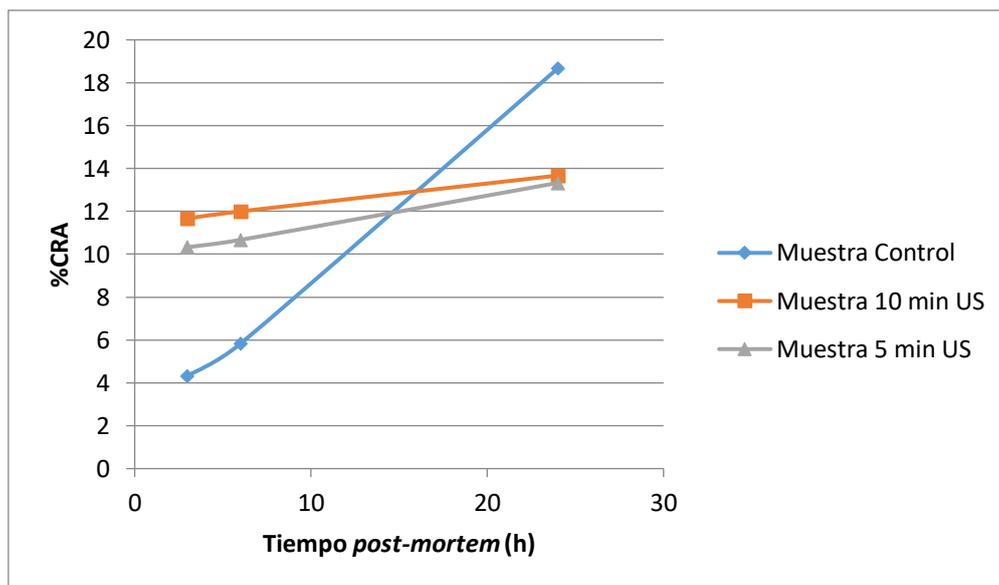


Figura 22. Resultados de CRA de muestras de carne de conejo

Los resultados del análisis de varianza que se muestran en el cuadro 7 indican que existen diferencias altamente significativas entre los tiempos *post-mortem*, los de tratamiento y su interacción ($P < 0.01$), lo que se corrobora en la figura 23 ya que entre las muestras control (3, 6 y 24 h) y las sonicadas durante 10 y 5 min no se intersectan entre ellas.

Cuadro 6. Análisis de varianza para CRA

Factor	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	Valor de F	Valor de P
t de sonicación (min)	2	105.907	52.9537	35.52	0.000
t post-mortem (h)	2	112.352	56.1759	37.68	0.000
Interacción	4	50.259	12.5648	8.43	0.001
Error	18	26.833	1.4907		
Total	26	295.352			

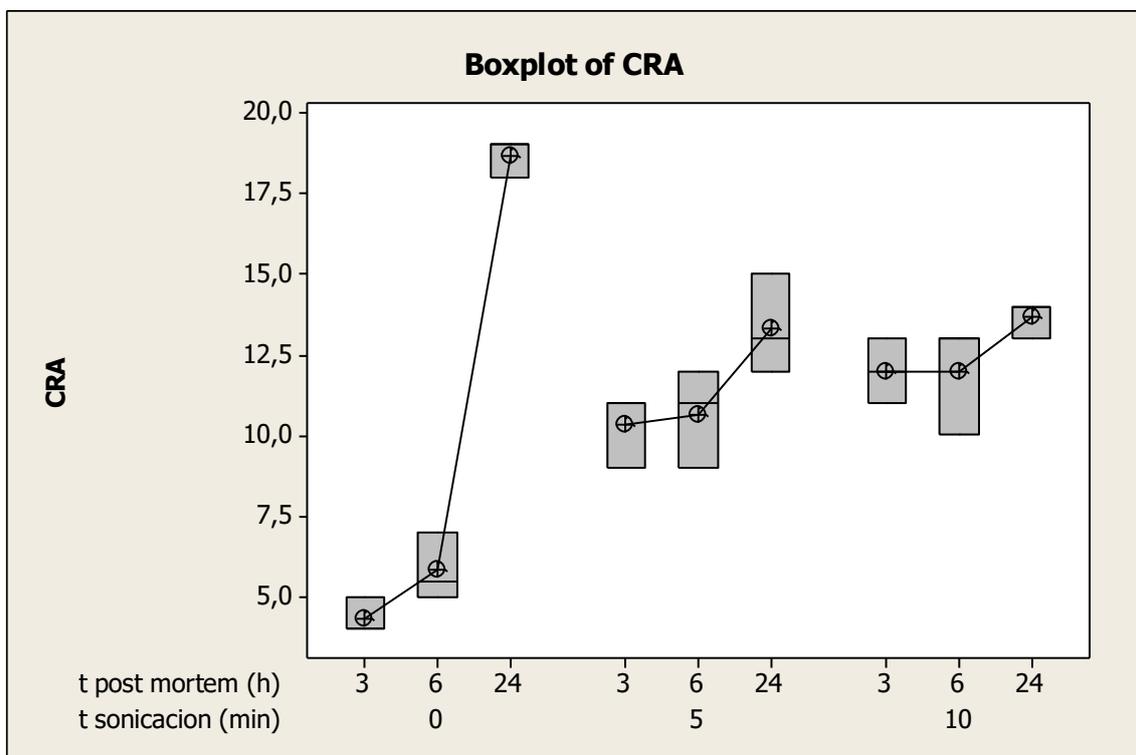


Figura 23. Gráfica de cajas para resultados de CRA en carne de conejo

3.3 Capacidad Emulsificante (CE)

En el cuadro 8 se muestra el resultado promedio de los valores obtenidos en la determinación de CE, tanto para la muestra control y muestras con 10 y 5 min de aplicación de US en los diferentes tiempos *post-mortem*; los cuales se grafican en la figura 24.

Cuadro 7. Valores promedio de CE

t post-mortem (h)	control (mL/g)	US 5min (mL/g)	US 10min (mL/g)
3	87.67	92.67	116
6	81	89	109.67
24	79.33	84	81.33

En la figura 24 se puede apreciar que para la muestra control la variación de CE con respecto al tiempo *post-mortem* va disminuyendo ya que en un inicio (3 h) es de alrededor de 87 bajando progresivamente trascurridas las 6 y 24 h hasta alcanzar aproximadamente un valor de 79; siguiendo el mismo comportamiento ambas muestras con aplicación de US (5 y 10 min) con un incremento en la CE para ambos tratamientos, siendo mayor para las muestras con 10 min de sonicación, ya que va de 116 a 81 aproximadamente.

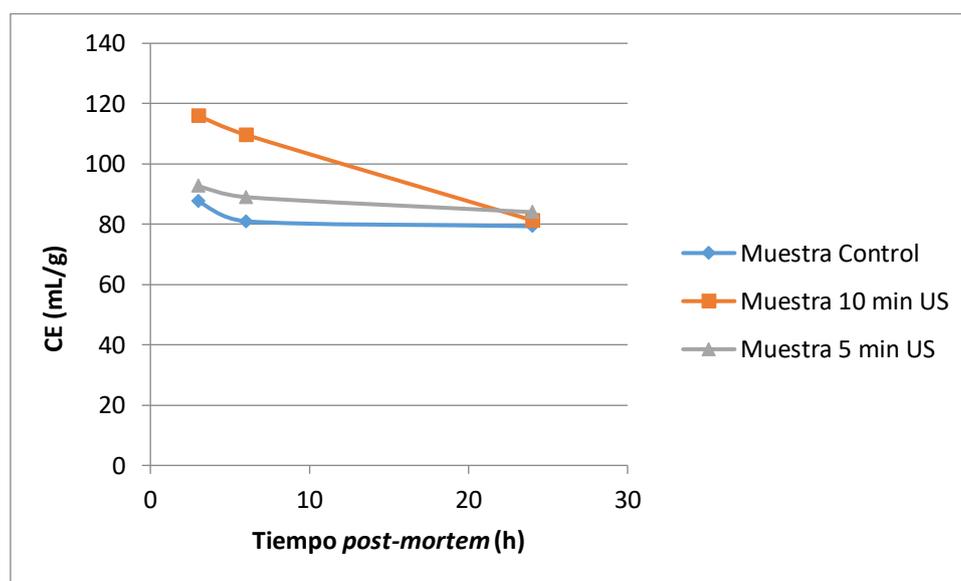


Figura 24. Resultados de CE de muestras de carne de conejo

Los resultados del análisis de varianza se presentan en el cuadro 9, en donde se puede apreciar que presentó diferencias altamente significativas ($P < 0.01$) entre los distintos tiempos *post-mortem*, tiempos de sonicación, así como en la interacción.

Cuadro 8. Análisis de varianza para CE

Factor	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	Valor de F	Valor de P
t de sonicación (min)	2	923.56	461.78	13.44	0.000
t post-mortem (h)	2	3274.89	1637.44	47.64	0.000
Interacción	4	1015.56	253.89	7.39	0.001
Error	18	618.67	34.37		
Total	26	5832.67			

En consecuencia en la figura 25 se puede notar que entre las muestras control 3 y 6 h *post-mortem* y la de 10 min de sonicación presentan dichas diferencias significativas. Los resultados pueden ser atribuidos como lo menciona la literatura a que músculos en estado *pre rigor* tienen alta CRA y mejores propiedades de emulsificación de grasas que el músculo en estado de *rigor* o *post rigor*. Estas propiedades están directamente relacionadas con un alto nivel de ATP que resulta en un estado más relajado y una mayor hidratación miofibrilar y solubilidad (Hamm, 1972) ya que impide la unión irreversible de actina y miosina.

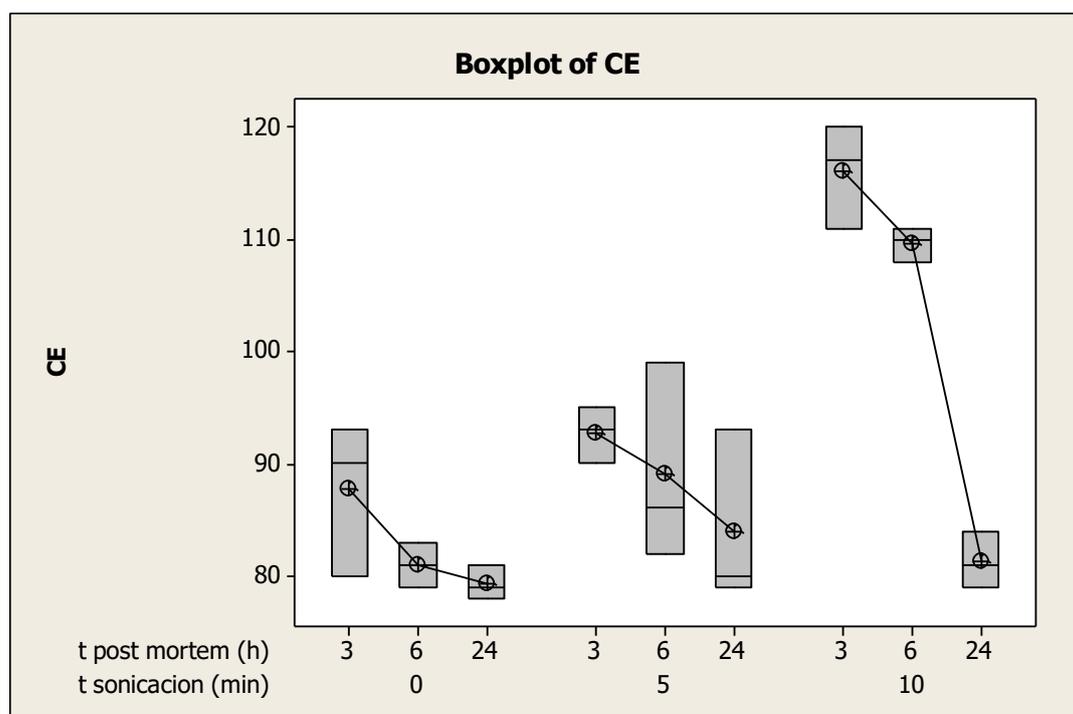


Figura 25. Gráficas de cajas para resultados de CE en carne de conejo

Contrastación de hipótesis

Se establece que el tiempo de sonicación de alta intensidad aplicado en tren posterior de conejo, afectó a la capacidad emulsificante, capacidad de retención de agua y pH, ya que sí hubo un aumento en estos parámetros; con la aplicación de 10 min de sonicación, los valores más altos se obtuvieron en capacidad emulsificante y pH al aplicar en la carne de conejo de 3 h *post-mortem*, respecto de la muestra control. Se mantuvo la misma tendencia de comportamiento de las muestras control y las muestras sonicadas (5 y 10 min) para capacidad emulsificante y capacidad de retención de agua, sin embargo para el pH no fue de esta manera.

Conclusiones

La aplicación de ultrasonido de alta intensidad contribuye en la modificación de los parámetros fisicoquímicos analizados (CRA, pH y CE), mejorando así su aptitud tecnológica de la carne de conejo que se empleó de acuerdo a su clasificación y raza; pudiendo ser de ésta manera un tratamiento viable en la elaboración de productos procesados y de ésta manera incrementar su consumo.

- ❖ El efecto de los tiempos de sonicación aplicados en los diferentes tiempos *post-mortem* (3, 6 y 24 horas) en la carne de conejo tuvo un aumento siendo mayor con 10 que con 5 min de tratamiento, sin embargo la tendencia del comportamiento de la evolución del pH durante el tiempo *post-mortem* de las muestras con US no corresponde al de la muestra control.
- ❖ Se establece el aumento de la capacidad de retención de agua solamente aplicando US a las 3 y 6 horas *post-mortem* tanto con 10 y 5 min de sonicación, siendo más alta con 10 min entre ambos. Sin embargo al aplicar el tratamiento a las 24 horas no se vio favorecida la capacidad emulsificante puesto que fue menor que la muestra control. Por lo que es beneficioso el aplicar este tipo de tratamiento durante la etapa de *rigor mortis* para aumentar la capacidad de retención de agua en éste tipo de carne.

- ❖ La capacidad emulsificante fue mayor tanto con 10 como con 5 min de aplicación de US para los distintos tiempos *post-mortem* (3, 6 y 24 h) con respecto la muestra control; presentando la misma tendencia, disminuyendo conforme transcurre el tiempo. Logrando mayor aumento de capacidad emulsificante a las 3 *post-mortem* con 10 min de sonicación.

Al correlacionar el análisis en CE y CRA que depende a su vez del pH, y siendo los parámetros más importantes para una mejor aptitud tecnológica en la elaboración de productos procesados, se establece que es durante la etapa de *rigor mortis* donde se favorecen en mayor medida, mediante la aplicación de 10 min de ultrasonido de alta intensidad.

Referencias

- Amerling, C. (2001). *Tecnología de la carne: antología*. Euned.
- Andújar, G., Pérez, D., & Venegas, O. (2009). *Química y bioquímica de la carne y los productos cárnicos*. Instituto de Investigaciones para la Industria Alimenticia.
- Apple, J. K., & Yancey, J. W. (2013). Water-holding capacity of meat. *The Science of Meat Quality*, 119-145.
- Badui, D. S. (2006). *Química de los alimentos*. 4a edición. Editorial Pearson.
- Bianchi, G., Garibotto, G., Franco, J., Ballesteros, F., Feed, O., & Betancur, O. (2008). Calidad de carne ovina: impacto de decisiones tomadas a lo largo de la cadena. Seminario Técnico Internacional: "Enfoques sobre la calidad de carne y grasa en rumiantes: el consumidor como prioridad", Montevideo.
- Braña, V. D., Ramírez, R. E., Rubio, L. M. S., Sánchez, E. A., Torrescano, U. G., Arenas, M. M. L., Partida, P. J. A., Ponce, A. E. & Ríos, R. F. G. (2011). Manual de análisis de calidad en muestras de carne. Centro Nacional de Investigación. Disciplinaria en Fisiología y Mejoramiento Animal. Folleto técnico, (11).
- Carballo, B., López de Torre, G., & Madrid, A. (2001). *Tecnología de la carne y de los productos cárnicos*. AMV Ediciones.
- Cárcel, J. A., García-Pérez, J. V., Benedito, J., & Mulet, A. (2012). Food process innovation through new technologies: Use of ultrasound. *Journal of Food Engineering*, 110(2), 200-207.
- Chemat, F., & Khan, MK (2011). Applications of ultrasound in food technology: processing, conservation and extraction. *Ultrasonics sonochemistry*, 18 (4), 813-835.
- Condón, S., Raso, J., Pagán, R., Barbosa-Cánovas, G., Tapia, M. y Cano, M. (2005). Inactivación microbiana por ultrasonido. *Nuevas tecnologías de procesamiento de alimentos*, 423-442.

- Dalle Zotte, A. (2002). Perception of rabbit meat quality and major factors influencing the rabbit carcass and meat quality. *Livestock Production Science*, 75(1), 11-32.
- de la Cruz, Limas, M. J. (2011). Evaluación del pH, capacidad de retención de agua, color y dureza en el músculo Longissimus dorsi de conejo en su transformación a carne. (Tesis de IA). Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán UNAM, México D.F.
- Fennema Owen, R. (2000). *Química de los alimentos*. Ediciones Acribia, S.A.
- Flores, J., & Bermell, S. (1984). Propiedades funcionales de las proteínas miofibrilares: Capacidad de retención de agua. *Agroquímica y Tecnología de Alimentos*, 24(2), 151-158.
- Forrest, J. C., Aberle, E. D., Hedrick, H. B., Judge, M. D., & Merkel, R. A. (1975). *Principles of meat science*. WH Freeman and Company.
- Gamboa, C., Becerril, C., Pro, A., García, R., & González, V. (2002). Caracterización de la producción de conejos a pequeña escala en Texcoco, México. Mem. 2do Congr. Cunicultura. Américas, 230-231.
- Garrido, M. D., Bañón, S., & Álvarez, D. (2005). Medida del pH. Estandarización de las metodologías para evaluar la calidad del producto (animal vivo, canal, carne y grasa) en los rumiantes. Madrid, España: Monografías INIA, Serie ganadera, (3).
- Guerrero Legarreta, I. (2006). *Ciencia y tecnología de carnes* (No. 664.9 C569c). México, MX: Limusa.
- Guerrero, L. I., Ponce, A. E., & Pérez, M. L. (2002). Curso práctico de tecnología de carnes y pescado UAM-I. México, 11-18.
- Hamm, R. (1981). Post-mortem changes in muscle affecting the quality of comminuted meat products: In *Developments in meat science*. (R. Lawrie, ed.), Applied Science Publishers, London, p. 93.
- Hoover, D. G. (2000) Ultrasound. *Journal of Food Science* 65(s8):93-95.
- Hui, Y. H. (Ed.) (2012). *Handbook of meat and meat processing*. CRC press.

- Hui, Y. H., Guerrero, I., & Rosmini, M. R. (2006). Músculo PSE y DFD en cerdo. Editorial Limusa, SA Grupo Noriega. Ciencia y tecnología de carnes.1a Ed. México, DF, 271-280.
- Hulot F, & Ouhayoun, J (2010) Muscular pH and related traits in rabbits: a review. World Rabbit Science, 7(1), 15-36.
- Jayasooriya, S. D., Bhandari, B. R., Torley, P., & D'arcy, B. R. (2004). Effect of high power ultrasound waves on properties of meat: a review. International Journal of Food Properties, 7(2), 301-319.
- Lawrie, R. A. (1998). Ciencia de la carne (No. TS 1955. L3818 1998). Zaragoza: Acribia.
- López Vázquez, R. (2004). Tecnología de mataderos (No. 04; TS1960, L6.).
- López-Malo, A., Palou, E., Jiménez-Fernández, M., Alzamora, S. M., & Guerrero, S. (2005) Multifactorial fungal inactivation combining thermosonication and antimicrobials. Journal of Food Engineering, 67(1), 87-93.
- Mačanga, J., Koréneková, B., Nagy, J., Marcinčák, S., Popelka, P., Kožárová, I., & 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(4), 701-704.
- Martín, E. D. (2013). Acondicionamiento de la carne para su comercialización. INAI0108. IC Editorial.
- Mason, T. (1998). Power ultrasound in food processing-the way. Ultrasound in Food Processing,105.
- Mason, T. J., Paniwnyk, L., & Lorimer, J. P. (1996) The uses of ultrasound in food technology. Ultrasonics sonochemistry 3(3), S253-S260.
- Mason, T. J., Riera, E., Vercet, A., & Lopez-Buesa, P. (2001) Application of 13 Ultrasound. Introduction to Food Engineering, 323.
- Molist, P., Pombal, M. A., & Megías, M. (2011) Atlas de histología vegetal y animal. Cap. I, Dpto. de Biología Funcional y Ciencias de la Salud. Facultad de Biología. Universidad de Vigo. Disponible en: a) <http://webs.uvigo>.

es/mmegias/descargas/v-meristemas. pdf b) http://webs.uvigo.es/mmegias/1-vegetal/guiada_v_meristemas.php.

Mulet, A., Cárcel, J., Benedito, J., Rosselló, C., & Simal, S. (2003) Ultrasonic mass transfer enhancement in food processing. *Transport phenomena in food processing* 18, 265-278.

Nelson, D. L., & Cox, M. M. (2009). *Lehninger principios de bioquímica* (No. 577.1 LEH). Omega.

NMX-FF-105-SCFI-2005 Productos pecuarios - carne de conejo en canal - calidad de la carne- clasificación.

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

NORMA Oficial Mexicana NOM-194-SSA1-2004, Productos y servicios. Especificaciones sanitarias en los establecimientos dedicados al sacrificio y faenado de animales para abasto, almacenamiento, transporte y expendio. Especificaciones sanitarias de productos

Raichel, D. R. (2006) *The science and applications of acoustics*. Springer Science & Business Media.

Ramirez, J. A., Oliver, M. À., Pla, M., Guerrero, L., Ariño, B., Blasco, A., & Gil, M. (2004) Effect of selection for growth rate on biochemical quality and texture characteristics of meat from rabbits. *Meat Science*, 67(4), 617-624.

Ranken, M. D. (2003). *Manual de Industrias de la Carne*.

Raso, J., Manas, P., Pagan, R., & Sala, F. J. (1999). Influence of different factors on the output power transferred into medium by ultrasound. *Ultrasonics sonochemistry*, 5(4), 157-162.

Restrepo Molina, D., Arango Mejía, C., Restrepo Digiammarco, R., & Amezquita Campuzano, A. (2001). *Industria de carnes*. Universidad Nacional de Colombia. Medellín, Colombia.

Rico P.J.L., Mercado C., Misael O., González M. y Fajardo R. 2009. "Bases morfofisiológicas y moleculares del músculo y tejidos asociados, que guardan

relación con la ciencia de la carne”. Curso: Actualización en tópicos de carne y productos cárnicos. FESC-UNAM. México.

Rivera, V. M. R. (2008). Bases de la Alimentación Humana. Netbiblo.

Roberts, R. T. (1992). High intensity ultrasonics. In: Special publication-royal society of chemistry, 106, 287-287. Rodríguez, R. M. (2008). Base de la alimentación humana. Ed. Cedro. Madrid España.

SAGARPA (2014) a través del Programa de Fomento Ganadero del Componente Sistemas Producto Pecuarios.”. Recuperado el 25 de febrero de 2016 de: http://sistemaproductocunicola.org.mx/noticias/Carnes_blancas_saludables.html

Sikes, A. L., Mawson, R., Stark, J., & Warner, R. (2014) Quality properties of pre-and post-rigor beef muscle after interventions with high frequency ultrasound. *Ultrasonics sonochemistry* 21(6), 2138-2143.

Sorapukdee, S., Kongtasorn, C., Benjakul, S., & Visessanguan, W. (2013) Influences of muscle composition and structure of pork from different breeds on stability and textural properties of cooked meat emulsion. *Food Chemistry*, 138(2), 1892-1901.

Strydom, P. E., Jaworska, D., & Kołożyn-Krajewska, D. (2015) Chap. 2. Meat Quality of Slaughter Animals. In: Przybylski, W., and Hopkins, D. *Meat Quality: Genetic and Environmental Factors*, 31.

Swift, C. E., Fryar, A. J., & Lockett, C. (1961) Comminuted meat emulsions-capacity of meats for emulsifying fat. *Food Technology* 15(11): 468.

Tornberg, E. (2005). Effects of heat on meat proteins-Implications on structure and quality of meat products. *Meat Science*, 70(3), 493-508.

Varnam, A. H., & Sutherland, J. P. (1995). Carne y productos cárnicos: tecnología, química y microbiología. Acibia.

Vásquez, R., & Martínez, R. (2009). Comparación de rendimientos productivos en conejos Nueva Zelanda y chinchilla y sus cruces para la elaboración de productos cárnicos. *Rev. Soc. Bras. Zoot.* 10, 65.

Vimini, R. J., Kemp, J. D., & Fox, J. D. (1983). Effects of low frequency ultrasound on properties of restructured beef rolls. *Journal of Food Science*, 48(5), 1572-1573.

Zheng, L. y Sun, D. 2006. Innovative applications of power ultrasound during food freezing process: a review. *Trends in Food Science & Technology* 17(1), 16-23.