

EVALUACION DE LA EFICACIA DEL ULTRASONIDO Y CAMPOS MAGNETICOS
COMO METODOS DE CONSERVACION DE LA CARNE FRESCA DE CERDO DE
LA RAZA Pietrain Y SU IMPACTO SOBRE LAS PROPIEDADES FISICAS,
QUIMICAS Y MICROBIOLOGICAS

JOSE MANUEL VERA ROMERO
Ingeniero de Alimentos

UNIVERSIDAD DE PAMPLONA
FACULTAD DE INGENIERIAS Y ARQUITECTURA
MAESTRIA EN CIENCIA Y TECNOLOGIA DE ALIMENTOS
PAMPLONA
2016

EVALUACION DE LA EFICACIA DEL ULTRASONIDO Y CAMPOS MAGNETICOS
COMO METODOS DE CONSERVACION DE LA CARNE FRESCA DE CERDO DE
LA RAZA Pietrain Y SU IMPACTO SOBRE LAS PROPIEDADES FISICAS,
QUIMICAS Y MICROBIOLOGICAS

JOSE MANUEL VERA ROMERO

**Trabajo de grado para optar el título de Magister en Ciencia y Tecnología de
Alimentos**

Directora

Ph.D. MARTHA TRINIDAD ARIAS PEÑARANDA

Codirectora

Ph.D. MARIA ESTHER RIVERA

UNIVERSIDAD DE PAMPLONA
FACULTAD DE INGENIERIAS Y ARQUITECTURA
MAESTRIA EN CIENCIA Y TECNOLOGIA DE ALIMENTOS
PAMPLONA

2016

Nota de aceptación _____

Firma del presidente del Jurado _____

Firma del jurado _____

Firma del jurado _____

Dedicatoria

Gracias a Dios por todo; por darme fortaleza, por acompañarme durante todos los viajes que realice a la ciudad de Pamplona y por guiarme hacia el camino y la culminación de este nuevo reto.

A mi madre Lía Cecilia Romero de Vera quien gracias a sus consejos ánimos, ejemplo de persistencia, amor y apoyo incondicional en todo momento, POR TODO te dedico este logro madre.

A mi esposa Sayde Duarte Rueda, a mi hija Ana Sofía Vera Duarte, por tener paciencia durante mi ausencia y por su gran amor al recibirme en casa.

A mis padres y hermanos, y a mis suegros; toda una gran familia llena de amor y unión que siempre pude contar con cada uno de ustedes de alguna u otra forma.

Agradecimientos

Quiero manifestar mi agradecimiento a todas las personas que durante todo este tiempo de una u otra forma me han apoyado en la consecución de mi éxito profesional:

A mi directora de tesis de maestría la doctora Martha Trinidad Arias Peñaranda, por su experiencia, enseñanza, confianza, orientación, gran sentido humano y por orientarme y guiarme en el desarrollo del proyecto.

A la codirectora de la tesis de trabajo de grado doctora María Esther Rivera por su apoyo y orientación, confianza y exigencia, por orientarme en el análisis de todos los datos obtenidos y compartir parte de su experiencia en la culminación de este proyecto.

A la directora de la Maestría en Ciencia y Tecnología de Alimentos ingeniería Lyda Yaneth Maldonado Mateus por su confianza y apoyo durante el desarrollo de la formación.

A todos los docentes de la Maestría en Ciencia y Tecnología de Alimentos por todas sus enseñanzas y gran sentido humano.

A los auxiliares: Yoicelin, Yolanda, Sandra y todas aquellas personas que de alguna u otra forma me ayudaron brindándome su apoyo en todo momento.

A todos mis compañeros de la Maestría con quienes inicié y con los de anteriores cohortes por su apoyo y amistad y a todas aquellas personas que se me escaparon en este momento.

Infinitas Gracias...

RESUMEN

En este proyecto se estudió el efecto del tratamiento con Ultrasonido de alta frecuencia (US) y campos magnéticos (CM) sobre la conservación y algunas propiedades de la carne de cerdo de la raza Pietrain. Para ello, se realizaron cortes de carne de la pierna del cerdo y se sometieron a ultrasonido (37 kHz) y Campos magnéticos CM (0,1147T/16°C) durante 5, 10, 15 y 20 minutos respectivamente y posteriormente se evaluó el efecto sobre la proteína, grasa, humedad, Capacidad de retención de agua (CRA), pH, Capacidad Emulsificante (CE), Acidez, Color, Análisis de perfil de Textura (TPA), y recuento de aerobios mesófilos después de mantenerla en refrigeración a 4°C los días 3,6,9,12,15 después de aplicados los tratamientos. Los resultados de la caracterización de carne de cerdo de la raza Pietrain mostraron que los parámetros de pH, humedad, grasa y proteína son iguales a los reportados por la literatura. La CE 5,19 ml/10g, la CRA es de 18%, la carga microbiana de aerobios mesófilos es de $75 \cdot 10^3$ ufc/g. En las muestras tratadas con Ultrasonido, se observaron diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$) en la disminución del pH y la grasa en todos los tiempos de tratamiento. Además presentaron un aumento en el contenido de proteína y la CE durante todos los tiempos de tratamiento, mientras que la humedad y la CRA disminuyeron; por su parte la acidez se incrementó durante los primeros 10 minutos y durante los 15, y 20 minutos se observó una disminución estadísticamente significativa ($p < 0,05$) con respecto de la muestra control. Para todos los tratamientos aplicados con US y CM se observó un aumento en relación a la luminosidad L^* durante 5, 10, 15 y 20 min. El estudio de perfil de textura muestra que durante el tratamiento con US y CM a los 5 min las características de masticabilidad, dureza y cohesividad presentan un aumento significativo ($p < 0,05$), mientras que la elasticidad disminuye. En cambio durante el tiempo de 10 min la masticabilidad y la elasticidad presentan el mayor incremento significativo, mientras que la cohesividad se mantiene una tendencia mínimamente significativa a aumentar después de los tratamientos. La dureza disminuyó proporcionalmente con respecto al tiempo de tratamiento con US y CM. La masticabilidad y la elasticidad tienden a aumentar después de los 15 min. El tratamiento durante 5 minutos con US y CM no mostró efecto en la disminución de la presencia de aerobios mesófilos, mientras que a tiempos superiores a los 10 minutos se evidenció una disminución estadísticamente significativa ($p < 0,05$), incluso hasta 9 días de almacenamiento.

Palabras claves: Anova, Campo magnético, Conservación, Pietrain, Ultrasonido

SUMMARY

In this project was studied the effect of the treatment with Ultrasound of high frequency (US) and magnetic fields (CM) on the conservation and some properties of the pork of the race Pietrain, For this purpose, there were realized courts of meat of the leg of the pig and surrendered to ultrasound (37 kHz) and magnetic Fields CM (0,1147T/16°C) during 5, 10, 15 and 20 minutes respectively and later evaluated the effect on the protein, fat, moisture, Capacity of water retention (CRA), pH, Capacity Emulsifier (CE), Acidity, Color, profile Analysis of Texture (TPA), and inventory of aerobic mesophylls after maintaining in refrigeration to 4°C on the 3,6,9,12,15rd after applied the treatments. The results of the characterization of pork of the race Pietrain showed that the parameters of pH, moisture, fat and protein are equal to the brought ones by the literature. The CE 5,19 ml/10g, the CRA is 18 %, the microbial load of aerobic mesophylls is 75*10ufc/g. In the samples treated with Ultrasound, were observed differences statistically significant ($p < 0,05$) on the decrease of the pH and the fat in all the treatment times. In addition presented an increase in the content of protein and the CE during all the treatment times, while the moisture and the CRA diminished; on the other hand the acidity increased during the first 10 minutes and during the 15, and 20 minutes a statistically significant decrease was observed ($p < 0,05$) regarding to the sample control. For all the treatments applied with US and CM min observed an increase regarding to the luminosity L^* during 5, 10, 15 and 20. The texture profile study shows that during the treatment with US and CM min that the characteristics of chewiness, hardness and cohesiveness present a significant increase ($p < 0,05$), while the elasticity decreased. On the other hand during the time of 10 min the chewiness and the elasticity present the biggest significant increase, while the cohesiveness maintains a minimally significant tendency to increase after the treatments. The hardness diminished proportionally to the treatment time with US and CM. The chewiness and the elasticity tend to increase after the 15 min. The treatment during 5 minutes with US and CM did not show effect in the decrease of the presence of aerobic mesophylls, while times superior to 10 minutes, a decrease was demonstrated as per statistics significant ($p < 0,05$), even up to 9 days of storage.

Keywords: Anova, Pietrain, meat, ultrasound, magnetic field conservation.

CONTENIDO

	Pág.
1. INTRODUCCIÓN Y ESTADO DEL ARTE	15
1.1 La carne de cerdo y sus propiedades de calidad.....	18
1.1.1 Propiedades químicas.....	19
1.1.2 Características físicas de la carne.....	24
1.1.3 Características microbiológicas.....	25
1.2 Principales alteraciones de la carne.....	26
1.3 Métodos de preservación de la carne.....	27
1.3.1 Ultrasonido.....	27
1.3.2 Efecto del ultrasonido en las propiedades fisicoquímicas de los alimentos.....	30
1.3.3 Efecto sobre los microorganismos.....	31
1.4 Campos Magnéticos.....	31
1.4.1 Parámetros de operación a considerar.....	32
1.4.2 Efecto sobre algunas propiedades químicas de los alimentos.....	33
1.4.3 Efecto sobre los microorganismos.....	33
2. OBJETIVOS	36
2.1 Objetivo general.....	37
2.2 Objetivos específicos.....	37
3. MATERIALES Y METODOS	38
3.1 Materias prima.....	39
3.2 Caracterización de la materia prima.....	39
3.3 Tratamientos.....	41
3.3.1 Ultrasonido.....	42
3.3.2 Campos Magnéticos.....	42
3.4 Análisis Estadístico.....	43
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	44
4.1 Composición química de la carne de cerdo de la raza Pietrain.....	45
4.1.1 Color inicial de la carne de cerdo de la raza Pietrain.....	45
4.1.2 Propiedades funcionales CRA y CE de la carne de cerdo de la raza Pietrain....	46
4.1.3 Características microbiológicas de la carne de cerdo de la raza Pietrain.....	47
4.2 Efectos del tratamiento con Ultrasonido.....	48
4.2.1 pH.....	48
4.2.2 Grasa.....	49
4.2.3 Proteína.....	50
4.2.4 Capacidad Emulsificante (CE).....	51
4.2.5 Capacidad de retención de agua (CRA).....	52

4.2.6	Humedad.....	54
4.2.7	Acidez.....	54
4.2.8	Color.....	55
4.2.9	Textura.....	56
4.2.10	Determinación de aerobios mesófilos.....	58
4.3	Efecto del tratamiento con Campos magnéticos.....	59
4.3.1	pH.....	59
4.3.2	Grasa.....	60
4.3.3	Proteína.....	61
4.3.4	Capacidad Emulsificante (CE).....	62
4.3.5	Capacidad de retención de agua (CRA).....	63
4.3.6	Humedad.....	64
4.3.7	Acidez.....	65
4.3.8	Color.....	66
4.3.9	Textura.....	68
4.3.10	Determinación de aerobios mesófilos.....	69
4.4	Evaluación de los métodos en los días 3, 6, 9,12, y 15 después de los tratamientos.....	70
4.4.1	Acidez.....	70
4.4.2	pH.....	71
4.4.3	Recuento de aerobios mesófilos.....	72
	CONCLUSIONES	74
	RECOMENDACIONES	76
	BIBLIOGRAFÍA	77
	ANEXOS	87

LISTA DE TABLAS

	Pág.
TABLA 1. Caracterización FISICOQUIMICA inicial de la carne.....	48
TABLA 2. Caracterización FISICA color inicial de la carne.....	49
TABLA 3. Capacidad de retención de agua CRA y Capacidad Emulsificante CE inicial de la carne.....	50
TABLA 4 Características microbiológicas de la carne de cerdo de la raza Pietrain.....	50
TABLA 5 Análisis de ANOVA de la aplicación de cm a los parámetros de color de la carne de cerdo Pietrain.....	69

LISTA DE FIGURAS

		Pág.
FIGURA 1	Equipo marca Elmasonic E.....	45
FIGURA 2	Montaje par de bobinas Scoli, 6A N240, R= 1,8 Ω Ohmio) Campos Magnéticos.....	46
GRAFICO 1.	Efecto del ultrasonido sobre el pH de la carne de cerdo de la raza Pietrain.....	51
GRAFICO 2.	Efecto del ultrasonido sobre la grasa de la carne de cerdo de la raza Pietrain.....	52
GRAFICO 3.	Efecto del ultrasonido sobre la proteína de la carne de cerdo de la raza Pietrain.....	53
GRAFICO 4.	Efecto del ultrasonido sobre la CE de la carne de cerdo de la raza Pietrain.....	55
GRAFICO 5.	Efecto del ultrasonido sobre la CRA de la carne de cerdo de la raza Pietrain.....	56
GRAFICO 6.	Efecto del ultrasonido sobre la humedad de la carne de cerdo de la raza Pietrain.....	57
GRAFICO 7.	Efecto del ultrasonido sobre la acidez de la carne de cerdo de la raza Pietrain.....	58
GRAFICO 8.	Efecto del ultrasonido sobre el color de la carne de cerdo de la raza Pietrain.....	59
GRAFICO 9.	Efecto del ultrasonido sobre la Textura (dureza, elasticidad, cohesividad y masticavilidad) de la carne de cerdo de la raza Pietrain.....	60
GRAFICO 10.	Efecto del ultrasonido sobre aerobios mesófilos.....	62
GRAFICO 11.	Efecto de Campos Magnéticos sobre pH de la carne de cerdo de la raza Pietrain.....	63
GRAFICO 12.	Efecto de Campos Magnéticos sobre la grasa de la carne de cerdo de la raza Pietrain.....	64
GRAFICO 13.	Efecto de Campos Magnéticos sobre la Proteína de la carne de cerdo de la raza Pietrain.....	65
GRAFICO 14.	Efecto de Campos Magnéticos sobre la CE de la carne de cerdo de la raza Pietrain.....	66
GRAFICO 15.	Efecto de Campos Magnéticos sobre la CRA de la carne de cerdo de la raza Pietrain.....	67
GRAFICO 16.	Efecto de Campos Magnéticos sobre la Humedad de la carne de cerdo de la raza Pietrain.....	68
GRAFICO 17.	Efecto de Campos Magnéticos sobre la Acidez de la carne de cerdo de la raza Pietrain.....	69
GRAFICO 18.	Efecto de Campos Magnéticos sobre el color de la carne de cerdo de la raza Pietrain.....	70

GRAFICO 19.	Efecto de Campos Magnéticos sobre la textura de la carne de cerdo de la raza Pietrain.....	71
GRAFICO 20.	Efecto de Campos Magnéticos sobre Aerobios Mesófilos.....	72
GRAFICO 21.	Efecto de Campos Magnéticos sobre la Acidez de la carne de cerdo de la raza Pietrain en los días 3, 6, 9,12 y 15.....	73
GRAFICO 22.	Efecto de Campos Magnéticos sobre el pH de la carne de cerdo de la raza Pietrain en los días 3, 6, 9,12 y 15.....	74
GRAFICO 23.	Efecto de Campos Magnéticos sobre Aerobios Mesófilos en los días 3, 6, 9,12 y 15.....	75

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
ANEXO 1 Determinación de Proteína: Se determinó siguiendo los pasos de la A.O.A.C (1995) 955.04, 976.06, 976.05 y 960.52 respectivamente.....	89
ANEXO 2 Determinación de Grasa: Se determinó siguiendo los pasos de la A.O.A.C 5 Edición 1994.....	90
ANEXO 3 Determinación de Humedad: Se determinó siguiendo los pasos de la A.O.A.C. 5 Edición 1994.....	91
ANEXO 4 Recuento total de aerobios mesófilos Laboratorio Control y calidad Universidad de Pamplona.....	92
ANEXO 5 Recuento de <i>Listeria Monocytogenes</i> Laboratorio SIAMA.....	94

ABREVIATURAS

AM Aerobios mesófilos
AOAC Asociación Oficial de Análisis Químicos
CE Capacidad Emulsificante
CIELAB Sistema Internacional de Iluminación del Color uniforme alternativo
CM Campos magnéticos
cm² Centímetro cuadrado
COP Peso Colombiano
CRA Capacidad de Retención de Agua
et al Participantes
FAO Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación
FDA Administración de Alimentos y Drogas de Estados Unidos
H Hora
Kg Kilogramo
kHz Kilo Herz
Mg Miligramos
Min Minutos
NTC Norma Técnica Colombiana
pH Concentración de iones hidrógeno (poder del Hidrogeno)
SI Sistema Internacional
T Tesla
TPA Análisis Perfil de Textura
Ufc Unidades formadoras de colonias
US Ultrasonido
PPP Peste Porcina Clásica

1.INTRODUCCIÓN

1. INTRODUCCIÓN Y ESTADO DEL ARTE

Las carnes se clasifican en rojas (mamíferos adultos) o blancas (mamíferos jóvenes y aves) y según su contenido en lípidos, pueden ser magras o grasas. De igual manera se distinguen las carnes de primera, aquellas con tejido muscular predominante; de segunda, a las carnes con tejido muscular con algo de grasa y de tejido conjuntivo y por último, de tercera, aquellas que contienen mucha grasa y bastante tejido conjuntivo (Belitz, H. D. y Crosh, W., 1988). Dentro de las carnes blancas se encuentra la del cerdo.

El cerdo ha sido criado por el hombre tanto para producir su propio alimento como para disponer de medios de comercialización o intercambio. Estos animales se caracterizan por su alta capacidad productiva y adaptabilidad, por ello muchas personas los consideran como una alcancía y aprovechan su capacidad de convertir productos considerados de desecho (por ejemplo: residuos de cocina, de cosecha, de restaurante, de agroindustria) en proteína y dinero. (SIPSA 2012).

El sacrificio de porcinos creció 14.1% durante el primer trimestre de 2016 al beneficiar 112.894 cabezas más que en el mismo periodo del año anterior. La producción de carne porcina en canal durante el primer trimestre de 2016 fue de 74.800 toneladas, lo que representó un incremento del 13.4% con respecto del mismo periodo durante el 2015. El volumen de carne porcina con destino al mercado institucional (abastece grandes grupos empresariales u organizaciones como restaurantes, colegios, hoteles entre otros) se incrementó 42.9% seguido por las plazas y famas 15.4% y los supermercados 4.3%. El departamento con la mayor participación en el sacrificio de porcinos fue Antioquia, donde se sacrificaron 440.237 cabezas durante el primer trimestre de 2016, equivalente a una participación de 48.1%; seguido de Bogotá (185.768 cabezas) participando con el 20,3% y Valle del Cauca (142,227 cabezas), participando con el 15,5%. (DANE Boletín técnico I trimestre 2016)

Diciembre es el mes en que más cabezas se benefician; esto está relacionado con las fiestas de fin de año y la temporada vacacional en las que el consumo de carne de cerdo fresca y procesada es tradicional en reuniones y paseos, aunque cabe aclarar que las reservas de producto para esta temporada empiezan a prepararse desde el segundo y tercer trimestre del año. Abril es el mes de menor número de cabezas beneficiadas, lo que puede relacionarse con la Semana Santa, en la cual el consumo de este producto baja porque es reemplazado parcialmente por otras carnes blancas (pescados y aves). Además, en la actualidad no se exporta carne de cerdo, en gran medida por las barreras de tipo sanitario para la exportación de este producto. La principal barrera de esta clase para el cerdo colombiano es la peste

porcina clásica (PPC), que es una enfermedad viral que causa una elevada morbilidad y mortalidad en las explotaciones porcinas. Para el año 2013 se llevó a cabo la estrategia para declarar al país libre de PPC, y así mejorar las expectativas exportadoras del sector porcicultor (DANE-Asociación Colombiana de Porcicultores. 2012).

A pesar del crecimiento en la producción interna, Colombia importa carne de cerdo principalmente de Estados Unidos, Canadá y Chile. Según las cifras reportadas por las Naciones Unidas.

Según la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, 2012), la producción de carne de cerdo en Colombia es menor comparada con la carne de bovino, la carne de pollo y con otros derivados como la leche y los huevos. Las razas de cerdo más comunes en Colombia son: **Pietrain**, Duroc, Landrace, Yorkshire, Hampshire, y en representación de las razas criollas se encuentra el Zungo. En algunas regiones del país se encuentran denominaciones regionales para cerdos con algunas características en común, por ejemplo El Pata de mula, El Congo Santandereano y el San Pedrero. El estado Colombiano muestra un alto potencial en el sector porcicultor, para producir, carne de cerdo y sus derivados con el fin de autoabastecerlos y de exportar, beneficiado por factores como la disponibilidad de la materia prima. Por todo esto se observa un posible aprovechamiento de la producción de este sector como una ventaja competitiva para poder solucionar la problemática expuesta y considerando que la carne de cerdo es una buena fuente de proteína de alto valor biológico para el ser humano ya que contiene los aminoácidos esenciales que se requieren para tener una buena salud, contiene vitaminas y minerales y es agradable al paladar. (DANE-Asociación Colombiana de Porcicultores. 2012)

En Colombia por años se ha considerado al cerdo, materia prima de las carnes frías y embutidos, como un animal desaseado y cargado de bacterias perjudiciales para la salud humana. Eso, sumado a la existencia de fábricas que trabajan sin acogerse a las regulaciones de las autoridades sanitarias, le ha creado a este segmento de alimentos una imagen negativa, que entorpece su consumo, especialmente en el sector institucional (abastece grandes grupos empresariales u organizaciones como restaurantes, colegios, hoteles entre otros), donde los empresarios deben responder por la salud de un sinnúmero de comensales. Esto ha conducido a que hoy esta industria trabaje duro por obtener la mayor cantidad posible de certificaciones de calidad y a que la crianza de cerdos se haga de forma cada vez más tecnificada, en aras de lograr la competitividad. (Catering, 2012). Aunque la producción de carnes frías ha evolucionado en tecnificación, variedad y volumen, el consumo per cápita por año sigue siendo bajo por los mitos que existen en materia de seguridad alimentaria (Botero, 2012). En el proceso de tecnificación de la producción se hace necesario la aplicación de técnicas y

tecnologías innovadoras, en genética e infraestructura, derivada del conocimiento adquirido por los productores y técnicos porcícolas. La investigación y el estudio científico de los animales, del proceso productivo y del entorno han generado estrategias de manejo que promueven el aumento en la productividad por área y mayor eficiencia en el uso de los recursos. La porcicultura tecnificada usa alimentos balanceados, prácticas sanitarias y de manejo e instalaciones especializadas para producir carne de cerdo segura y confiable para los consumidores, con menor nivel de grasa y mejores características organolépticas (color, aroma, sabor, textura). (Sistema de Información de precios del sector agropecuario) SIPSA (2013). En este sentido, el ultrasonido de potencia y los campos magnéticos representan tecnologías novedosas para el procesamiento y conservación de alimentos (Knorr *et al.*, 2004, Publitec, 2011).

Por todo lo anterior, la presente investigación busca evaluar el efecto de la aplicación de ondas de ultrasonido alto (37 kHz/16°C) y Campos magnéticos (0,1147T/16°C) durante 5, 10, 15 y 20 minutos respectivamente, sobre las propiedades fisicoquímicas como: pH, cenizas, acidez, actividad acuosa, humedad, capacidad de retención de agua y microbiológicas como: aerobios mesófilos, en el músculo semitendinoso Longissimus de la especie Pietrain, con la finalidad de establecer la viabilidad de estas técnicas en términos de inocuidad y calidad de este producto.

1.1 La carne de cerdo y sus propiedades de calidad

La calidad de la carne puede considerarse en términos de higiene, propiedades sensoriales, factores tecnológicos, valor nutritivo y aspectos toxicológicos o relativos a la seguridad de los alimentos (Hoffman, 1994). Para determinar la calidad de la carne se utilizan, en general, el lomo y los músculos de la pierna. Predecir la calidad final de la carne no siempre es posible a través de medidas poco tiempo después del sacrificio, ya que algunas características no están del todo expresadas. Es por eso que es necesario realizar medidas o análisis de la carne a partir de 24 horas *post-mortem* (Salazar, 2006).

El tejido cárnico consta básicamente de agua, proteína, grasa y glúcidos, además de pequeñas cantidades de vitaminas y otros compuestos orgánicos. La composición química del cuerpo del cerdo varía en forma discontinua con el tiempo y ha sido estudiada por varios autores, al nacer se han reportado reservas lipídicas casi inexistentes (1-2%) y la grasa representa la principal ganancia diaria de peso a partir de los 50kg, llegando a ser el

45% del mismo a los 100 kg. Las proteínas representan del 11 al 12 % del peso al nacimiento y del 15 al 16% a los 100 kg y el contenido de agua varía en relación inversa a la de los depósitos grasos (Mariscal, 1994; Benito et al., 2000; Juncher *et al.*, 2001).

1.1.1 Propiedades químicas

Proteínas: Según Rodwell (2003) citado por Salazar (2006), las proteínas son cadenas de aminoácidos que se unen entre sí por enlaces peptídicos (aminas). Cada especie animal e incluso cada tejido tiene sus propias proteínas características, la mayor parte de las cuales son materia constitutiva de los tejidos blandos del organismo, y otras desempeñan su misión actuando como enzimas, que catalizan todos los procesos bioquímicos. Una pequeña fracción tiene acción hormonal e inmunológica.

Las proteínas constituyen el componente mayoritario de la materia seca del músculo estriado y se clasifican de muchas maneras: atendiendo a su forma, las proteínas cárnicas se clasifican en globulares y fibrosas y según su localización en el músculo, proteínas extracelulares, proteínas intracelulares, proteínas miofibrilares y proteínas reguladoras. (Rodwell, 2003; tomado de Salazar, 2006).

Otra clasificación es de acuerdo a su solubilidad:

Sarcoplasmáticas: solubles en agua, están disueltas en el líquido que empapa la fibra muscular (sarcoplasma); funcionalmente son enzimas.

Miofibrilares: funcionalmente miosina, actina.

Conectivas: totalmente insolubles en agua y en soluciones salinas. Son el colágeno y elastina y forman las membranas musculares: epimisio, perimisio y endomisio.

La clasificación más aceptada es la que atiende simultáneamente a la solubilidad y localización. Así tenemos:

Proteínas insolubles o del estroma: siendo la más importante el colágeno. Son insolubles en medio neutro y por sus características en contenido de aminoácidos no tienen ni triptófano ni lisina, siendo pues de bajo valor biológico. El colágeno cuando se calienta a 60° C se transforma presentando problemas, ya que provoca una exudación y pérdida de textura. Con calentamiento superior a 60°C se transforma en gelatina, de fácil digestión pero que continúa siendo de bajo valor biológico.

Proteínas solubles en solución salina concentrada: miofibrilares (actina, miosina, proteína M) son las más abundantes y responsables de la conversión de energía química en mecánica y de la textura de la carne y las más importantes según sus propiedades fundamentales.

Proteínas solubles en solución diluida: sarcoplasmáticas. Desde el punto de vista tecnológico la más importante es la mioglobina formada por una globina y una porfirina. El color de la carne depende en gran medida del estado de oxidación del hierro. Durante el curado estas proteínas sufren oxidaciones que dan lugar a aromas y sabores típicos (Price y Schweigert, 1994, Rodwell, 2003 tomado de Salazar, 2006)

Miosina es una proteína grande con un peso molecular aproximado de 500,000 que se ha estudiado muy bien al microscopio electrónico y con digestión de tripsina y papaína (Rodwell, 2003; tomado de Salazar, 2006). Está formada por dos cadenas proteicas enrolladas entre sí, que presentan hacia sus extremidades varias zonas de α -hélice y hacia la otra varios grupos sulfidrilos (-SH), que constituyen la parte más voluminosa de la molécula y la más activa, ya que es la que se relaciona con la actina y la que posee actividad ATPasa. Un filamento de miosina mide alrededor de 10 nm de diámetro y 1,5 μ m de longitud. Está constituido por haz de grupo de 20 moléculas desplazados unos con relación a otros de 6nm, de forma tal que sus extremidades voluminosas forman proyecciones o “dedos” dispuestos en espiral en torno al haz. Tratada con tripsina rinde dos moléculas: meromiosina ligera (LMM) y meromiosina pesada (HMM). Con digestión con papaína la HMM produce dos fracciones S1 cabeza, y S2 (fracción de la cola) (tomado de Salazar, 2006). La miosina tiene gran cantidad de aminoácidos aspártico, glutámico, y lisina, que son fácilmente ionizables y confieren cargas eléctricas a la proteína que justifican las anteriores propiedades. Carece de cistina y triptófano. (Rodwell, 2003; tomado de Salazar, 2006).

Actina tiene poca afinidad por el complejo miosina-ATP, y acelera la liberación de ADP del complejo ADP-Pi-actomiosina. La actina es portadora de una molécula de ATP que es desdoblada por la miosina, transformando energía química en mecánica. Tiene un alto valor biológico porque contiene triptófano y cistina. En la actina se halla un aminoácido. La 3-metil-histidina, que no se encuentran en otra proteína. (Rodwell, 2003; tomado de Salazar, 2006).

Proteínas C y M fue descubierta como preparaciones de miosina y se cree que ayuda a mantener estables bien ordenados los polipéptidos de la fracción de la cola de la miosina. La proteína M, cuyo peso molecular es de 160.000, está formada por dos fracciones: filamentos paralelos a la molécula de miosina filamentos perpendiculares a la misma. Se cree que ayuda a mantener la estabilidad del filamento grueso (Rodwell, 2003; tomado de Salazar, 2006).

Proteínas reguladoras como la tropomiosina, es similar a la miosina en su composición de aminoácidos, está ubicada en los surcos que forman al enrollarse las dos F-actinas, estabilizando el filamento delgado. La tropomiosina se encuentra generalmente unida a la troponina formando la tropomiosina activa. La troponina es importante en la relajación-contracción muscular. Está formada por tres fracciones, la troponina T, la troponina C (secuestrante de iones de calcio) y la troponina I. Cuando se inicia la contracción se libera una cantidad importante de iones de calcio que son atrapados por la troponina C (Salazar, 2006).

La mioglobina es la principal responsable del color de la carne; esta proteína está compuesta por unos 150 aminoácidos, la globina y grupo prostético HEMO que tiene un átomo de hierro, y un anillo de porfirina. La mioglobina presenta tres formas diferentes: Mioglobina-Fe²⁺ (color rojo púrpura), mioglobina oxigenada-Fe²⁺ (color rojo brillante), mioglobina oxigenada-Fe³⁺ (color pardo) meta-mioglobina. En carnes frescas los tres pigmentos coexisten, se intercambian permanentemente. Así la mioglobina púrpura, en presencia de oxígeno, se puede oxigenar a oxihemoglobina (pigmento rojo brillante, que produce el característico olor en las carnes frescas) o a metamioglobina (color marrón menos deseado). En la carne fresca la producción de sustancias reductoras naturales provoca la reacción continua de metamioglobina o mioglobina siempre que exista oxígeno (Rodwell, 2003; tomado de Salazar, 2006).

Colágeno. La unidad fundamental del colágeno es el tropocolágeno, formado por tres cadenas polipeptídicas en hélice, unidas por enlaces muy fuertes, que aumentan con la edad del animal, de ahí que sea una proteína difícilmente por enzimas digestivas y, por lo tanto, no deseable en productos cárnicos. El colágeno contiene un 30% de glicina y un 35% de prolina e hidroxiprolina. Cuando más abundan estos aminoácidos más resistente es el colágeno. El colágeno es la proteína más abundante en los mamíferos. En los músculos se encuentran en forma de epimisio, endomisio, y perimisio. En la raza de cerdos Pietrain, tiene mucho más colágeno que la Large White, y se ha tomado la concentración de colágeno como base (entre otros parámetros) de selección genética. La forma en que se presente el colágeno en productos cárnicos cocidos depende de tratamiento térmico. La gelatina es una variedad del colágeno y se obtiene por calentamiento a temperaturas superiores a 60° C de colágeno.

La calidad de la carne está influenciada por el tejido conjuntivo, y por efectos debidos a la actomiosina. El colágeno afecta la dureza mediante un incremento lento y dependiente de la edad, mientras que las proteínas contráctiles influyen en la dureza por medio de un rápido acortamiento debido al incremento en el número y organización de los puentes de actomiosina tras la muerte del animal (Hornstein and Wasserman, 1994; CARNETC 2003).

Capacidad de retención de Agua (CRA): se define como la habilidad que tiene la carne para retener el agua propia y añadida cuando se le somete a un esfuerzo mecánico, es un factor importante ya que afecta el rendimiento en el procesamiento y la rentabilidad del producto e influye en la decisión para aceptar la carne (Mireles, 2003). De la CRA depende el color, terneza y jugosidad y supone pérdidas económicas que pueden alcanzar al 4 o 5 % del peso inicial. El pH, la estabilidad oxidativa, el tipo de carne así como la presencia de sales y otros aditivos pueden potenciar o reducir los valores de CRA; a un pH de 5.5 el valor de CRA es mínimo y alcanza un máximo a valores de pH cercanos a la neutralidad. (Tecnología de carnes, Perez C. María. Ponce A. Edith, 2013. Páginas 13,14). El agua del musculo en una proporción del 70%, en las proteínas miofibrilares; 20% en las sarcoplasmáticas y 10% en el tejido conectivo (Hansson, 1975).

En estudios con resonancia magnética nuclear (RMN) se ha concluido que hay un 5% imposible de separar y 95% restante está muy ordenada y unida para algunos autores. Fennema en la década de los 70 lanzo la teoría de que el agua está unida al musculo de tres formas:

1. Agua de constitución: 5% del total. Forma parte de la misma carne y no hay forma de extraerla.
2. Agua en interfase: está unida a la interfase proteína-agua. Que se divide en agua vecinal, más cercana a la proteína, formado dos, tres o cuatro capas, y agua multicapa, que está más alejada de la proteína.
3. Agua normal: que se subdivide en dos modalidades: agua ocluida, que esta retenida en el musculo envuelta en las proteínas gel, y agua libre, que es la que libera cuando se somete a tratamiento térmico externo (Chorni, 2000)

Capacidad Emulsificante CE se define como la cantidad de grasa que se puede emulsionar por gramo de carne. Esta característica es importante para evaluar la aptitud tecnológica de la carne destinada a la elaboración de productos de pasta fina como salchichas. Los productos cárnicos de pasta fina se consideran sistemas tipo emulsión; están formados por dos fases, una matriz compleja formada por una solución salina que extrae proteínas miofibrilares que a su vez actúan como agentes emulgentes. La fase dispersa está formada por finas partículas de grasa. La CE disminuye en el punto isoeléctrico (pH=5.5) de las proteínas miofibrilares y aumenta a valores de pH cercanos a la neutralidad. (Tecnología de carnes, Perez C. María, Ponce A. Edith, 2013. Páginas 13,14)

La capacidad de emulsión no solo refleja la funcionalidad de la proteína, sino también las propiedades del sistema completo, como el tipo de aceite, el equipo homogeneizador y las condiciones utilizadas. Algunas variables afectan la determinación de la capacidad de emulsión, donde la velocidad de la mezcladora u homogeneizador es la más importante (Stainsby, 1986). La cantidad de grasa o aceite emulsificado es relativa a la velocidad de adición (Sulzbacher, 1973), y la velocidad de adición de grasa tiene efecto cuando ésta excede la capacidad del equipo mezclador (Saffle, 1968). La capacidad de emulsión depende de la solubilidad y es más sensitiva que la solubilidad a los cambios estructurales que toman lugar en las moléculas proteicas (Jiménez y Borderías, 1983 tomado de Fuentes, L. 2010)

Lípidos y ácidos grasos de la carne. Los lípidos son un grupo heterogéneo de compuestos emparentados, real o potencialmente, con los ácidos grasos. Tienen la propiedad común de ser: relativamente insolubles en agua y solubles en los solventes no polares como el éter, cloroformo y el benceno. Los lípidos incluyen grasas, aceites ceras y compuestos relacionados (USDA, 2002; Freda, 2001 tomado de Salazar, 2006).

Ácidos Grasos son ácidos carboxílicos alifáticos obtenidos principalmente por hidrolisis de grasas y aceites naturales. Los que existen en las grasas naturales generalmente contienen un número par de átomos de carbono (porque son sintetizados a partir de unidades de 2 carbonos) y son de cadena lineal. La cadena puede ser saturada, es decir sin dobles ligaduras o no saturada, (con una o más dobles ligaduras). La mayoría de los ácidos grasos (No. de carbonos=No. de dobles ligaduras), en la carne, incluyen: ácidos grasos saturados (AGS), como el mirístico (14:0), palmítico (16:0) y esteárico (18:0) ácidos grasos monoinsaturados (AGMIS) como el palmitoleico (16:1) y oleico (18:1); y los ácidos grasos poliinsaturados (AGPIS) como el linoleico (18:2), linoleico (18:3) y araquidónico (20:4) (Mayes, 2003 tomado de Harper, 2003).

Ácidos grasos saturados (AGS):

Ácidos grasos no Saturados según su grado de insaturación los podemos encontrar en: ácidos monoinsaturados AGMIS ácidos polinsaturados (PUFA), eicosanoides. Los AGS y los AGMIS, constituyen la mayoría de los ácidos grasos de la grasa de la carne. Dado que la carne se consume cocida, el valor de los nutrientes después de la cocción con respecto de los ácidos grasos no se modifica con esta. Los bovinos, cerdos y corderos, son similares en el contenido de colesterol comparado con el de otros alimentos de origen animal como el pollo, pavo y varios tipos de pescados. (Mayes, 2003, tomado de Harper 2003)

Acidez (pH). A pH igual a cinco (5) el punto isoelectrico en la mayoría de las proteínas de la carne, no existen cargas eléctricas netas y no hay, por tanto, atracción de moléculas de proteínas entre sí (tomado de Salazar, 2006). A medida que aumenta el pH, aumenta la carga y la atracción dipolo-dipolo, y hay repulsión entre las moléculas de proteínas cargadas de igual signo, aumentando el tamaño de la zona de H. (IMNC, 2003).

1.1.2 Características físicas de la carne

Color y Firmeza

La carne fresca de cerdo debe ser de un color rojo-rosado. Los músculos individuales son usualmente uniformes en el color, pero los músculos en conjunto muchas veces varían considerablemente en color. Un color más oscuro puede resultar de un aumento en la cantidad de pigmentos de color, debida a una edad más avanzada, o una mayor actividad fisiológica, una menor penetración de oxígeno en la superficie; deshidratación en la superficie, contaminación bacteriana, falta de acumulación de ácido láctico después del sacrificio y durante el enfriamiento de la canal (IMNC, 2003).

Por otro lado un color rosa pálido, casi gris, puede ser el resultado de una rápida conversión de glucógeno muscular a ácido láctico, causando un rápido aumento de la acidez inmediatamente después del sacrificio (Perez y Andújar, 2000).

Los músculos de palidez anormal, rápidamente se tornan grises en la vitrina de puntos de venta y en algunos casos se encogen considerablemente generando pérdidas económicas, y debido a que son menos ácidos por lo tanto aptos para el crecimiento de bacterias y una vida útil mucho más corta, dando una consistencia más seca después de cocerse (Salazar, 2006).

Textura

Las principales características de la textura, obtenidas mediante el análisis del perfil de textura o TPA, se organizan según su orden de aparición en:

Iniciales, las percibidas al primer corte, que se subdividen a su vez en características mecánicas (dureza, viscosidad y friabilidad) y geométricas (cualquiera dependiendo del producto).

Masticatorias, las percibidas durante la fase de masticación, que se subdividen también en mecánicas (gomosidad, masticabilidad y adherencia) y geométricas.

Residuales, incluyen los cambios ocurridos durante la masticación y tras la deglución del alimento (velocidad y tipo de rotura, humedad y contenido graso del alimento).

Las características mecánicas de textura se relacionan con la reacción del alimento al esfuerzo aplicado; las geométricas se relacionan con la colocación de los constituyentes físicos del alimento y otras características, están relacionadas con la humedad y el contenido graso de un alimento (Brandt *et al.*, 1963 Tomado de Fuentes L. 2010).

1.1.3 Características microbiológicas

La calidad microbiológica se refiere a que esté libre de microorganismos no deseados, es decir inocua.

Las características microbiológicas se ven afectadas por la CRA que se incrementa después del sacrificio debido a que el pH es aproximadamente de 7 y que no ha formado el complejo actomiosina (FEDEGAN, 2010). A medida que se acerca el rigor mortis, el glucógeno se transforma en ácido láctico (por glicolisis *anaerobia*), que baja el pH hasta el punto isoelectrico de las proteínas lo que implica que la CRA sea mínima. Al cesar el aporte de ATP se forma el complejo actomiosina, disminuyendo el espacio libre (tomado de Salazar, 2006).

Características de calidad.

Para evaluar la calidad de la carne de cerdo se deben considerar: el sabor, el valor nutritivo y la homogeneidad. Un color brillante con una superficie lisa libre de exudado y consistencia firme. Aportar proteínas que contengan una combinación adecuada de aminoácidos con disponibilidad biológica, vitaminas hidrosolubles, (Tiamina), minerales (Hierro y Zinc) y lípidos de alta energía (ácidos grasos esenciales) (Salazar, 2006). Otro

factor que afecta la calidad es cuando el animal se somete a stress se suele hablar de carnes secas (DRY), firmes (FIRM) y oscuras (DARK) DFD y PSE pálido (PALE), blanda (SOFT) y exudativa (EXHUDATIVE) debido a que el glucógeno es consumido y no hay glicolisis *anaerobia*, por lo que las carnes se presentan secas, extremadamente firmes y oscuras, que no son apreciadas por fabricantes de productos cárnicos. (FEDEGAN, 2010). Si las reservas de glucógeno son muy grandes el pH baja más de lo normal, quedando una carne de color pálido (pale), blanda (soft) y exudativa (exhudative), carne PSE. Son rechazadas por fabricantes de productos cárnicos (IMNC, 2003).

El musculo constituye un tejido alta y específicamente organizado, tanto morfológica como bioquímicamente, cuyo destino es producir energía química para convertirla en movimiento mecánico y trabajo (Abascal, 1998, tomado de Salazar, 2006).

Otras características de calidad de la carne de cerdo es el marmoleo (grasa intramuscular). Es la grasa visible entre las fibras musculares. Algunos marmoleos son considerados deseados para proveer un producto cocido jugoso de gran sabor. El cerdo sin marmoleo, puede ser menor jugoso y poco palatable (Salazar, 2006).

Grandes cantidades de marmoleo, no vuelven en proporción la carne mas palatable, y nos sugieren un exceso de calorías por grasa (Salazar, 2006).

Otras condiciones del tejido

Para eliminar una canal se debe tener en cuenta:

- a. La Esteatosis (infiltración de grasa en el musculo debida a problemas tales como atrofia muscular) (NPPC, 2002., IMNC, 2003 tomado de Salazar, 2006).
- b. Grasa suave y aceitosa (la grasa debe ser firme y blanca). La grasa suave y aceitosa y perceptiblemente café no es atractiva en los puntos de venta y puede tornarse rancia durante el almacenamiento (NPPC, 2002., IMNC, 2003 tomado de Salazar, 2006).

1.2 Principales alteraciones de la carne

En la especie porcina la calidad de la carne está muy influenciada por los factores genéticos y las condiciones del sacrificio de los animales (Salazar, 2006). A pesar de esto diferencias

cualitativas entre líneas o razas (capacidad de retención de agua de la carne y grasa) son muy evidentes (Salazar, 2006).

Musculo cárnico. El musculo constituye un tejido específicamente organizado, tanto morfológica como químicamente, cuyo destino es producir energía química para convertirla en movimiento mecánico y trabajo. Los músculos se pueden clasificar atendiendo al color y al tipo de inervación. Según del color se distinguen dos tipos de músculos: musculo rojo y musculo blanco. El musculo rojo rico en mitocondrias y mioglobina y que participa en el ciclo de Krebs. El musculo blanco por su parte con poco contenido de mitocondrias, mioglobina y tiene poco riego sanguíneo (Rodwell, 2003 tomado de Salazar, 2006).

Métodos de preservación de la carne

La carne de cerdo es un alimento altamente perecedero. Desde sus orígenes el hombre ha tratado de prolongar su vida útil para evitar que se descomponga rápidamente, por ataque microbiano siendo foco de contaminación causando ETAS y pérdidas económicas. Los métodos más utilizados para la conservación de estos productos han sido la refrigeración, congelación, secado, y el uso de salmueras; además de los métodos mencionados han surgido nuevas técnicas de conservación que pueden prolongar la vida útil de alimentos perecederos como los tratamientos con altas presiones isostáticas óhmico, energía por pulsos, impulsos de luz de gran intensidad, calentamiento por radiofrecuencia, radiación, microondas, termosonicación, envasado en atmosfera modificada y envasado activo. (FAO, 2000). El US y los CM son tecnologías emergentes que se vienen aplicando también como métodos de conservación.

1.3.1 Ultrasonido

El ultrasonido es cualquier sonido con frecuencia más allá de lo que el oído humano puede percibir (16 KHz) Mason (1988) y su aplicación puede ser directa al producto, por acoplamiento a un dispositivo y sumergido en un baño ultrasónico (Chemat *et al.*, 2011).

Basado en rango de frecuencia, las aplicaciones del ultrasonido en la industria alimentaria se pueden dividir en baja y alta energía. El ultrasonido de baja energía (baja potencia, baja intensidad) utiliza frecuencias superiores a 100 kHz, con intensidades por debajo de 1 W/cm² de tal forma que las ondas ultrasónicas no causan alteraciones físicas o químicas en las propiedades del material a través del cual pasa la ola, que es por lo general es no destructiva. Este rango de baja energía se ha utilizado con éxito en la industria alimentaria como técnica analítica no invasiva para proporcionar información sobre las propiedades físico-químicas de los alimentos, composición, estructura y estado físico de alimentos durante el procesamiento y almacenamiento para garantizar su calidad y seguridad (Awad, et al. 2012)

El ultrasonido de alta energía (alta potencia, de alta intensidad) utiliza) utiliza frecuencias entre 18 y 100 kHz intensidades superiores a 1 W/cm² (típicamente en el rango de 20 a 500 W/cm²) las cuales pueden alterar las propiedades físicas, mecánicas o químicas de los alimentos. El ultrasonidos de alta energía se ha utilizado durante muchos años para generar emulsiones, romper las células y dispersar materiales agregados y recientemente se han identificado áreas con mayor potencial de desarrollo futuro, como para el control de procesos de cristalización, desgasificación de alimentos líquidos, inactivación de enzimas, mejora de los procesos de secado y filtración, inducción de reacciones de oxidación, tenderización de la carne, disrupción celular y estimulación de células vivas y limpiar superficies de los alimentos entre otras. [Knorr et al. 2004 McClements 1995, Roberts 1993, Behrend y Schubert, 2001; Zheng y Sun de 2006; Awad, et al. 2012)

Para Chemat *et al.*, (2011), 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 de agua y energía; por lo cual ha crecido el interés en las áreas de procesamiento y conservación de alimentos. Sin embargo, y aunque actualmente es considerada una tecnología emergente, su uso no se ha promovido para aplicación en productos comerciales; solo se ha reconocido como una tecnología que asiste o ayuda en la modificación de procesos o mejora de los existentes (Knorr *et al.*, 2004)

1.3.2 Efecto del ultrasonido en las propiedades fisicoquímicas de los alimentos

En la industria de la carne, el ultrasonido de baja energía se ha utilizado como una tecnología rápida, reproducible y confiable, particularmente para la estimación de la acumulación de grasa, músculo y composición corporal, porcentaje de grasa intramuscular y características de la canal. Este tipo de ultrasonido también se ha utilizado ampliamente en tiempo real para la estimación de la composición química corporal y del canal de corderos en crecimiento. (Ulloa *et al.*, 2013)

Las aplicaciones de ultrasonido (US) de alta intensidad en la industria de los alimentos son diversas, se ha empleado en disrupción celular o como disruptor, para desgasificación, lavado, homogenización de emulsiones y la dispersión de materiales agregados; la mayor o principal aplicación ha sido para la destrucción de microorganismos, debido a que las altas presiones, las fuerzas de corte y la elevación de la temperatura generan en el material una disrupción en la integridad de los microorganismos (Dolatowski *et al.*, 2007).

Osuna *et al.*, (2013) evaluaron el efecto del ultrasonido de alta intensidad y la concentración de NaCl en la cinética de salmuera (5 ± 1 LC) de lomo de cerdo, así como su influencia en los cambios de textura. La difusividad efectiva de NaCl y la humedad se han mejorado por la aplicación de ultrasonido. El contenido final de humedad, NaCl y la aplicación de ultrasonido promovieron cambios en la textura de la carne.

Jayasooriya *et al.*, (2007) estudiaron el efecto del tiempo de tratamiento (0, 30, 120, 240 s) con ultrasonido (24kHz, 12 W cm²) y el tiempo de maduración (0, 1, 3, 5 y 8.5 días) en refrigeración (5°C) sobre la textura del músculo (*semitendinosus* y *Longissimus thoracis*) de buey empacado al vacío; y observaron que el pH se incrementó con el tiempo de tratamiento, siendo en el tiempo 0s un pH de (5,52) y a los 120 s (5,55) en el músculo *Semitendinous*.

Los resultados mostraron que la pérdida de CRA se afecta significativamente por el tiempo de maduración y el tipo de músculo.

Romero P. (2009), determinó el efecto del tratamiento con ultrasonido de alta intensidad (US) y campos magnéticos (CM) sobre algunas propiedades de la carne industrial de búfalo (*Bubalus bubalis*). Los resultados mostraron que el tratamiento con US y con CM disminuyen significativamente el valor de pH y la capacidad de retención de agua (CRA), mientras que la capacidad Emulsificante (CE) solo aumenta a mayores tiempo de tratamiento.

Fuentes L. (2009) estudio el efecto de la aplicación de US y CM sobre las propiedades de la carne de lomo de atún (*Thunnus albaceres*). Los resultados mostraron que el pH y el análisis proximal es igual al reportado por la literatura, la CRA es de 17,19%, la CE 0,45 ml/10g, la carga microbiana de Mesófilos aerobios asciende a $6,950 \pm 0,79$ ufc y la producción de histamina 1,470 mg/g.

1.3.3 Efecto sobre los microorganismos

En emulsiones preparadas con carne industrial de búfalo y tratada con US (37 kHz, 16°C) durante 3, 5 y 10 min se observa disminución de la carga microbiana, alcanzándose mayor reducción de microorganismos Mesófilos aerobios (2,76 log ufc/g) con un tiempo de exposición de 10 min. Mientras que para los coliformes fecales se observa mayor reducción en las muestras expuestas por 5 min (Romero, 2009).

El ultrasonido aplicado (37 kHz, 16°C) durante 3, 4, o 5 min reduce significativamente ($P < 0,05$) la carga de Mesófilos aerobios de la carne de lomo de atún (*Thunnus albaceres*). Se observó que mayor tiempo de exposición (5 min) hay reducción hasta 5,720 ufc/g (Fuentes, 2009).

Aguilar C. *et al.*, (2014), estudio la aplicación del US de alta intensidad en el procesamiento de cárnicos crudos, y utilizo pasta cruda de carne fresca inoculadas con *Listeria Monocytogenes* y *Lactobacillus sakei*, las muestras se sonicaron durante 0, 1, 2.5, 5 y 10 minutos. Se encontró que a mayor tiempo de sonicación se obtuvieron las mayores reducciones logarítmicas, siendo el tratamiento de 10 minutos el más efectivo para reducir la concentración celular de los dos microorganismos indicadores.

1.4 Campos Magnéticos

Los campos magnéticos (CM) han sido aplicados como método de preservación en la industria de alimentos para mejorar su calidad sensorial, propiedades reológicas y estimular procesos fermentativos. (Publitec, 2011). Según Mulay (1964) a la región en la que un cuerpo magnético es capaz de magnetizar las partículas de su alrededor se le denomina campos magnéticos.

La generación de los campos magnéticos de las intensidades necesarias y apropiadas para este tipo de estudios puede lograrse mediante la circulación de una corriente sobre una bobina o arreglo de estas mediante el uso de magnetos permanentes de tierras raras o superconductores (Hormman, 2000; tomado de Romero, 2009). La inactivación de microorganismos requiere el uso de CM de alta intensidad, 5 - 0 Teslas (1 Tesla= 10.000 Gauss). Dichos campos pueden ser generados mediante el uso de bobinas superconductoras, bobinas que producen campos de corriente directa, y bobinas energizadas por la descarga de energía almacenada en un capacitor (María L. *et al.*, 1998)

Los campos magnéticos se generan al aplicar corriente a una bobina o espiral. El sistema para generación de campos magnéticos consta de dos componentes principales, el generador de señal y el sistema de bobinas. La señal eléctrica usada para alimentar las bobinas entrega una onda cuadrada de amplitud pico – pico variable de 0,25V, con frecuencia entre 10 – 120 kHz, la cual es modulada en amplitud por otra onda cuadrada de frecuencia entre 0 – 3 kHz. Se tienen generadores para cada frecuencia, el alimento se ubica en la región donde el campo es más uniforme, es decir el centro geométrico del cilindro conformado por la bovina (Kaufman y Seideman 1992, tomado de Hernandez, 2009). Las aplicaciones que se han hecho en alimentos abarca productos contenidos en bolsas plásticas selladas (Bolado-Rodríguez *et al.*, 2000).

Existen diferentes tipos de campos magnéticos. Los campos estáticos son aquéllos cuya fuerza es constante en el tiempo, y pueden ser producidos con magnetos permanentes o con electromagnetos de corriente directa.

Los CM son generados mediante electromagnetos de corriente alterna, y su intensidad varía de manera periódica dependiendo de la frecuencia y tipo de onda del magneto.

Estos campos, generados por pulsos, son de naturaleza electromagnética asociados con un componente de campo eléctrico capaz de inducir corrientes eléctricas en sistemas biológicos estacionarios (KOVACS *et al.*, 1997). Los campos homogéneos son aquéllos cuya fuerza es constante en el espacio al cual se exponen las muestras; mientras que los campos heterogéneos son aquéllos que presentan un gradiente que depende de la naturaleza del magneto.

1.4.1 Parámetros de operación a considerar

El campo magnético se mide en términos de intensidad magnética. En el SI las unidades de medida de magnetismo son:

1. Flujo magnético: es la fuerza de un imán. Una línea de fuerza es el camino libre que se podría trazar por un polo unitario en un campo magnético debido a las fuerzas magnéticas que actúan sobre él. Se expresa en Weber (Wb), donde $1 \text{ WB} = 10^3$ líneas.
2. Densidad de flujo magnético (Wb/m^2): es el número de líneas de fuerza por unidad de área. La densidad del flujo magnético depende de la permeabilidad del material (μ) en el que el campo magnético es inducido donde: la densidad de flujo = $\mu \cdot$ intensidad de campo. Se expresa en Telsa (T); la industria lo expresa en Gauss (G) $1\text{T} = 10^4 \text{ G}$.
3. Intensidad del Campo: es la fuerza experimentada por un polo unitario colocado en un campo magnético en el vacío. El Oersted (Oe) representa la unidad de intensidad de campo magnético en un punto en el campo magnético donde el polo unitario experimentada la fuerza de 1 dina. Se expresa en Amperio/metro (A/m) donde $1 \text{ Oe} = 79,58 \text{ A/m}$. (tomado de Hernández, 2009).

1.4.2 Efecto sobre algunas propiedades químicas de los alimentos

El uso de CM ha sido propuesto como otra de las tecnologías emergentes dentro de los procesos no térmicos en alimentos. Entre las ventajas que esta tecnología ofrece, se encuentran: mínima degradación de atributos organolépticos y nutricionales, menores requerimientos de energía que la empleada en procesos térmicos, y posibilidad de tratar el alimento dentro de empaques flexibles (Pothakamury *et al.*, 1993).

Romero, (2009) trato carne industrial de búfalo (*Bubalus bubalis*) y su emulsión (0,1147 T, 16°C) durante 0, 3, 5 y 10 min y determino que en las emulsiones tratadas con CM se redujo la microbiota en todos los tiempos de tratamiento. Por otra parte Fuentes, (2009) determino el efecto de los CM (0,1147 T, 16°C) sobre algunas propiedades de la carne de lomo de atún (*Thunnus albacares*) proveniente del Océano Pacífico Colombiano y observo que todos los tratamientos con CM redujeron la carga microbiana de forma proporcional al tiempo de exposición.

1.4.3 Efecto sobre los microorganismos

El efecto en los microorganismos es función del campo eléctrico particular y del número de pulsos aplicados o tiempo total de tratamiento. La inactivación microbiana se debe a un potencial transmembrana que se genera debido a la diferencia de potencial eléctrico que rodea a la membrana celular incrementando la permeabilidad de la misma por la formación de poros con la consecuente liberación de material intracelular.

Aguilar *et al.*, (2007) trataron con campos magnéticos (1,2 T/30 min) muestras de leche cruda sin refrigerar a temperatura ambiente (25°C), y compararon su efecto con muestras tratadas por el método de “infusión de maíz” a partir de maíz germinado en solución de sulfato de sodio al 0,24% (65°C), a todas las muestras se les determinó la frescura de la leche (pruebas de alcohol y ebullición) y su microbiología (Mesófilos y coliformes). Los resultados mostraron que la conservación de las muestras tratadas con infusión de maíz se prolongó hasta 3 horas mientras que las tratadas con CM se prolongaron 6 horas.

En cuanto a inactivación de microorganismos en alimentos existen los resultados reportados por Hofmann (1985) con CM en su patente (U.S. 4, 524,079), quien logró una reducción de 25 000 células/ml a 970, para *Streptococcus thermophilus* en leche (tomado de María L. *et al.*, 1998)

El tratamiento de la carne de lomo de atún (*Thunnus albacares*) con CM (0,147 T/16°C) disminuye significativamente ($P < 0,05$) la carga microbiana de organismos Mesófilos aerobios. Se puede observar que a mayor tiempo de exposición (5min) se alcanza una reducción de hasta 4,880 ufc/g (Fuentes, 2009).

El tratamiento de la emulsión de carne de búfalo (*Bubalus bubalis*) con CM (0,147 T, 16°C) disminuye significativamente ($P < 0,05$) la carga microbiana de organismos Mesófilos aerobios; se pudo observar que a mayor tiempo de exposición (10 min) se alcanza una reducción hasta 3,121 log ufc/g. Mientras que con los coliformes totales y fecales la mayor reducción se alcanza a los 5 min hasta 1,972 y 0,690 log ufc/g respectivamente (Romero, 2009).

Van Nostrand *et al.*, (1967) estudiaron la influencia de un CM de alta intensidad a diferentes presiones osmóticas y temperaturas en la multiplicación de *S. cerevisiae*, y observaron que la presencia del campo magnético ejerce un efecto inhibitorio en el crecimiento de los microorganismos para cada una de las temperaturas estudiadas.

Moore (1979) estudió los efectos biológicos de campos magnéticos en cuatro bacterias y una levadura, encontrando que el crecimiento de dichos microorganismos fue afectado por el campo magnético utilizado. Las dos bacterias gram negativo, *Pseudomonas aeruginosa* y *Halobacterium halobium*, mostraron un mayor estímulo en su crecimiento que las dos bacterias gram positivo, *B. subtilis* y *Staphylococcus epidermidis*, o que *C. albicans*. La máxima estimulación ocurrió a 0.015 Teslas y la máxima inhibición se presentó a 0.030 Teslas. El efecto inhibitorio en el crecimiento microbiano fue atribuido a una disminución en la velocidad de multiplicación en algunas o todas las células del cultivo.

Nakamura *et al.*, (1997) demostraron que un campo magnético no homogéneo tiene un efecto significativo en la supervivencia de células de *B. subtilis* MI 113, especialmente en la fase estacionaria, donde la población microbiana se compone de células vegetativas y esporas. En esta fase, un cierto porcentaje de dichas células es rápidamente transformado en esporas cuyo número difícilmente cambia con el tiempo. Por lo tanto, la reducción en el número de células se atribuye principalmente a una autólisis de las células vegetativas. Sin embargo, la presencia de un campo magnético no homogéneo reduce la velocidad de disminución en el número de células vegetativas. Un efecto similar fue observado para *E. coli*, la cual sólo existe como célula vegetativa (Tsuchiya *et al.*, 1996).

2. OBJETIVOS e HIPOTESIS

1. OBJETIVOS e HIPÓTESIS

2.1 Objetivo general

Evaluar la eficacia del ultrasonido y los campos magnéticos como métodos de conservación de la carne de cerdo fresca de la raza Pietrain.

2.2 Objetivos específicos

- ✓ Evaluar la eficacia del ultrasonido y los campos magnéticos en la vida útil de la carne fresca de cerdo de la raza Pietrain.

- ✓ Analizar el efecto del tratamiento con ultrasonido y campos magnéticos de la carne fresca de cerdo de la raza Pietrain, sobre la proteína, grasa, humedad, capacidad de retención de agua (CRA), pH, capacidad Emulsificante, y oxidación de grasas.

- ✓ Determinar el efecto del tratamiento con ultrasonido y campos magnéticos sobre la textura y el color de la carne fresca de cerdo de la raza Pietrain.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3. MATERIALES Y METODOS

3.1 Materia prima

Se utilizó carne de pierna de cerdo de la raza Pietrain fresca (2 días de sacrificio) y adquirida en la planta de sacrificio Vijagual en la ciudad de Bucaramanga, la muestra fue empacada fresca y transportada en cava con hielo como refrigerante hasta la ciudad de Pamplona Norte de Santander.

3.2 Caracterización de la materia prima

La carne se adecoo retirando tejidos indeseables como tendones y huesos, posteriormente se tomaron muestras para su caracterización mediante análisis de proteína, grasa, humedad, pH, acidez, CRA, CE, color y textura y recuento total de aerobios mesófilos y determinación de *Listeria Monocytogenes*.

Determinación de Proteína: la proteína total se determinó por el método Kjeldahl-Gunning-Arnold, adaptado Griffin (1955) (Ver anexo 1)

Determinación de Grasa: Se determinó según el método 920.39 C de la A.O.A.C (1994) (Ver anexo 2)

Determinación de Humedad: Se determinó según la técnica perdida de humedad por calentamiento en mufla siguiendo los pasos de la A.O.A.C. 5 Edición 1994 (Ver anexo 3)

Capacidad de retención de agua (CRA): Esta determinación se realizó siguiendo la metodología descrita en el manual de prácticas de laboratorio Tecnología de Carnes de la división de ciencias biológicas y de la salud de la universidad Autónoma Metropolitana de México que consiste en pesar 5 g de carne y en dos tubos de centrífuga graduados colocar por separado, es decir 5 g de carne en cada uno seguidamente a cada tubo, se añadió 8 mL de solución fría de NaCl 0.6 M y se agito con una varilla de vidrio por un minuto; luego se colocaron los tubos en un baño de hielo por 30 minutos, y se agitaron nuevamente los tubos con una varilla de vidrio por 1 minuto; luego se centrifugo en un equipo (Clay ADAMS

Brand Compact II centrifuge) los tubos por 30 minutos a 3,500 rpm y 4°C, posteriormente se decantaron y se midió el sobrenadante en una probeta de 10 mL. Se reportó la cantidad de solución retenida por 100g de muestra, aplicando la ecuación:

$$CRA = Va - Vs \div \text{peso de la muestra} \times 100$$

Dónde Va - volumen de solución salina añadida al tubo, Vs - volumen del sobrenadante

pH: La determinación fue realizada en un pH-metro Inolab Multi level 1 WTW debidamente calibrado siguiendo la metodología descrita en el manual de prácticas de laboratorio Tecnología de Carnes de la división de ciencias biológicas y de la salud de la universidad Autónoma Metropolitana de México. La medición se realizó por triplicado para cada una de las muestras de carne de pierna de cerdo fresca de la raza Pietrain.

Capacidad Emulsificante (CE): Se realizó siguiendo la metodología descrita en el manual de prácticas de laboratorio Tecnología de Carnes de la división de ciencias biológicas y de la salud de la universidad Autónoma Metropolitana de México que consiste en homogeneizar 25 g de carne con 100 mL de solución fría de NaCl 1M, luego se tomaron 12.5 g del homogeneizado y se añadieron 37.5 mL de solución fría de NaCl 1M, se mezclaron por 3 minutos a baja velocidad, y sin apagar la licuadora, se agregaron 50 mL de aceite de vegetal. Se esperó hasta que se formó la emulsión. Luego con ayuda de una bureta y sin detener el mezclado, se adicionaron en forma continua más aceite vegetal hasta la ruptura de la emulsión. Se realizó por triplicado y se reporta la cantidad de aceite emulsionado (hasta la ruptura de la emulsión) por g de muestra.

Acidez: Esta determinación se realizó siguiendo la metodología descrita en el manual de prácticas de laboratorio Tecnología de Carnes de la división de ciencias biológicas y de la salud de la universidad Autónoma Metropolitana de México que consiste en pesar 10 g de muestra, luego se transfirieron en un vaso de licuadora, adicionando 200 mL de agua destilada y homogeneizaron durante 1 min, luego se filtraron a través de una gasa para eliminar el exceso de tejido conectivo, se recibió el filtrado en un matraz aforado de 250 mL y se aforo con agua destilada. Se tomó una alícuota de 25 mL del filtrado a un matraz Erlenmeyer de 125 mL, y se añadieron 75 mL de agua destilada y 2 gotas de fenolftaleína, se agito en una plancha de agitación (Kika Werke POLCO RCT Basic) suavemente y se tituló

con NaOH 0.1N. Se preparó un blanco con agua destilada. Se realizó por triplicado. Y se reporta en porcentaje de ácido láctico aplicando la siguiente fórmula:

$$\% \text{ de ácido láctico} = (V - V_b) (N \text{ NaOH}) (\text{meq ácido láctico}) (\text{fd}) \text{ peso de muestra} \times 100$$

Medición de Color: La medición fue realizada en zonas homogéneas y representativas, libres de grasa intramuscular y de manchas de sangre. El grosor mínimo de los filetes de carne de pierna de cerdo de la raza Pietrain fue de 2 cm x 2cm. Las mediciones se realizaron en un espectrofotómetro de esfera (X – Rite, serie sp60) software X-RiteColor®. Siguiendo la metodología descrita por Honikel (1998). Para la medición del color, se utilizó el sistema de representación del color (CIELAB), el cual emplea las coordenadas tricromáticas L^* (luminosidad), a^* (índice rojo) y b^* (índice de amarillo). La medición se realizó bajo los siguientes parámetros: el iluminante utilizado fue D65 con un ángulo de visión 10° grados. Se analizaron las muestras tratadas por triplicado.

Análisis de perfil de textura: El análisis de textura (TPA) se realizó en un texturómetro Texture Analyser (TA-Plus, Lloyd Instruments) con el software Nexigen. Para el ensayo, se empleó el aditamento de Warner Bratzler. Fue utilizada la metodología descrita por (Ayala M. (2014) con las siguientes variaciones: Fuerza Trigger = 0,001 kgf; velocidad de desplazamiento = 5 mm/s, compresión = 75%. Se realizaron 10 mediciones de textura para cada una de las muestras tratadas.

Recuento de microorganismos: El recuento total de aerobios mesófilos fue realizado por el laboratorio de control de calidad y diagnóstico de la Universidad de Pamplona y *Listeria Monocytogenes* y *Salmonella* en el laboratorio SIAMA en la ciudad de Bucaramanga. (Ver anexo 5)

3.3 Tratamientos

Para aplicar los tratamientos se cortaron trozos de carne de aproximadamente 334 gramos y se empacaron en bolsas sellables de 14 cm x14 cm marca Alico S.A. Medellín, las cuales fueron rotuladas con un código para cada tratamiento y por último se refrigeraron a 4° C hasta sus análisis.

Diseño experimental

Para la evaluación de los métodos de tratamiento se realizó un diseño experimental que se presenta en la siguiente tabla.

VARIABLES INDEPENDIENTES:

Métodos: Ultrasonido (US) y Campos magnéticos (CM)

T: Tiempo de aplicación del tratamiento para cada método (min) 5, 10, 15 y 20 min

VARIABLES RESPUESTA O DEPENDIENTES:

Antes y después de cada tratamiento se evalúa:

(M.O) Presencia de microorganismos: Recuento total de aerobios Mesófilos, Recuento de *Listeria de Monocytogenes*, Recuento de *Salmonella spp.* (Y_1, Y_2, Y_3)

(CQ) características químicas: proteína, grasa, humedad, capacidad de retención de agua (CRA), pH, capacidad Emulsificante, y acidez ($Y_4, Y_5, Y_6, Y_7, Y_8, Y_9, Y_{10}, Y_{11}$)

(CF) características físicas: color y textura (Y_{12}, Y_{13})

Método 1=ULTRASONIDO					Método 2 =CAMPOS MAGNÉTICOS									
Tratamiento / Factor		MO			CQ								CF	
Factor 1	Factor 2	Y_1 *10 ³ ufc/g	Y_2	Y_3	Y_4	Y_5	Y_6	Y_7	Y_8	Y_9	Y_{10}	Y_{11}	Y_{12}	Y_{13}
1	5													
1	5													
1	5													
1	10													
1	10													
1	10													
1	15													
1	15													
1	15													
1	20													
1	20													
1	20													

2	5														
2	5														
2	5														
2	10														
2	10														
2	10														
2	15														
2	15														
2	15														
2	20														
2	20														
2	20														

3.3.1 Ultrasonido

En la evaluación de ultrasonido, se utilizó el equipo marca Elmasonic E (figura 1) utilizando agua desionizada como medio de transmisión, la longitud de onda aplicada fue: 37 KHz. Los tiempos de aplicación del tratamiento para cada método 5, 10, 15 y 20 (min)/16°C.



Figura 1 Equipo marca Elmasonic E

3.3.2 Campos Magnéticos

Para el Campos magnéticos (CM) se empleó un par de bobinas Scoli, 6A N240, $R= 1,8 \Omega$ Ohmio) (figura 2) a una intensidad de 0,1147 T en los tiempos 5, 10, 15 y 20 minutos a una temperatura de 16° C.

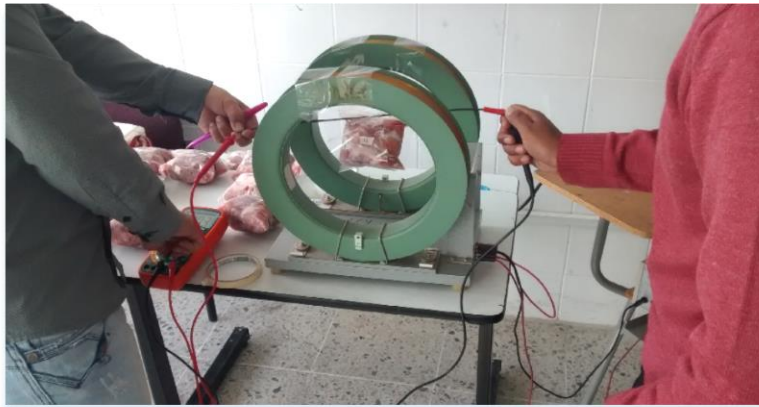


Figura 2 Montaje par de bobinas Scoli, 6A N240, $R= 1,8 \Omega$ Ohmio) Campos Magnéticos

3.4 Análisis Estadístico

Los datos obtenidos se analizaron mediante el paquete estadístico SPSS v. 19 bajo Windows 8, utilizando análisis de varianza (ANOVA) factorial para observar diferencias significativas ($p < 0,05$) entre las medias de las muestras tratadas, se aplicó la prueba de DMS (diferencias mínimas significativas) para encontrar entre que muestras están las diferencias estadísticamente significativas.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4. RESULTADOS Y DISCUSION

4.1 Composición química de la carne de cerdo de la raza Pietrain

La tabla 1 muestra los resultados de composición fisicoquímica inicial de la carne de cerdo de la raza Pietrain, los cuales son similares a los descritos por Salazar G. (2006) y Silva J.R. *et al.*, (2005) para carne de cerdo. Según estos autores se reportan los siguientes rangos: *proteína* (22%), *humedad* (73,79%), *grasa* (3,91%), pH (5,85). Además, se puede observar que la muestra analizada presenta características favorables para el consumo como alimento de gran valor proteico, el pH se encuentra dentro del rango ácido, ello indica presencia de iones de hidrógeno, que facilitan el proceso de digestión ácida.

TABLA 1 Caracterización FISICOQUIMICA inicial de la carne

Muestra	pH	Humedad	Grasa	Proteína
0	5,68	74,45	3,79	22,1
0	5,55	73,64	3,66	21,99

4.1.1 Color inicial de la carne de cerdo de la raza Pietrain

En la tabla 2 se muestra el color inicial de la carne de cerdo de la raza Pietrain característica determinante en la aceptación por parte del consumidor. Waites (1988) menciona que en carnes empacadas al vacío se produce un ambiente reductor por la baja concentración de oxígeno. En estas condiciones se favorece la formación de la meta-mioglobina (color marrón) a partir de la mioglobina, Lawrie (1985). Según Backus y Col (1998) debido a la reducción de pH la carne puede adquirir una apariencia pálida provocando la condición PSE (pálido, suave y exudativo).

TABLA 2 Caracterización FISICA color inicial de la carne

M	L*	a*	b*
0	45,93	8,13	13,67
	42,17	8,61	12,7
	44,53	8,25	13,58
0	53,56	5,57	14,66
	46,68	6,83	12,69
	45,39	6,58	13,85

4.1.2 Propiedades funcionales CRA y CE de la carne de cerdo de la raza Pietrain

En la carne de cerdo de la raza Pietrain se obtuvo un valor inicial de 18% para la capacidad de retención de agua CRA. Guerrero y Arteaga (1990) refieren que la reducción del pH en la carne fresca de cerdo, puede provocar la pérdida de la capacidad de retención de agua (CRA). Este fenómeno produce carne seca y dura. La CRA está relacionado con múltiples aspectos fisicoquímicos (textura, terneza y color de la carne cruda; jugosidad y firmeza de la carne cocida) de sus componentes proteicos y miofibrilares, por lo que es un buen indicador de la aptitud de la carne para elaborar diferentes productos y además tiene una gran importancia desde el punto de vista industrial, económico, almacenamiento y de investigación Zamorano (1996), Hamm (1973) tomado de Fuentes L. (2010).

La capacidad Emulsificante CE inicial de la muestra de carne de cerdo de la Pietrain fue de 5,19 ml/g muestra. Existe muy poca información reportada en la literatura científica sobre esta propiedad, para esta raza y especie. Sin embargo según Mónica A. *et al.*, (2009) se observan diferencias significativas entre la capacidad de emulsificación (CE) de la carne de pollo, cerdo, res y pescado; mostrando que la carne de cerdo y pollo tienen una mayor CE comparativamente con respecto de la res y pescado.

TABLA 3 Capacidad de retención de agua CRA y Capacidad Emulsificante CE inicial

Muestra	CE	CRA
0	5,19	18
0	5,13	18

4.1.3 Características microbiológicas de la carne de cerdo de la raza Pietrain

En la tabla 4 se aprecia la caracterización realizada para la calidad microbiológica inicial de carne de cerdo de la raza Pietrain antes de los tratamientos con US y CM. El recuento refleja: contenido microbiano de materiales crudos, la eficiencia en el proceso de sacrificio, la condición de higiene de equipos y utensilios, y la relación de tiempo – temperatura de almacenamiento y distribución. Los productos cárnicos manipulados correctamente pueden desarrollar *Recuentos de Aerobios Mesófilos* (RAM) elevados y perder calidad si son almacenados por un periodo de tiempo prolongado. En este caso el RAM no se encontraría elevado por la condición de higiene del producto, sino por la vida útil del mismo (Food Safety Authority of Ireland) (2001).

TABLA 4 Características microbiológicas de la carne de cerdo de la raza Pietrain

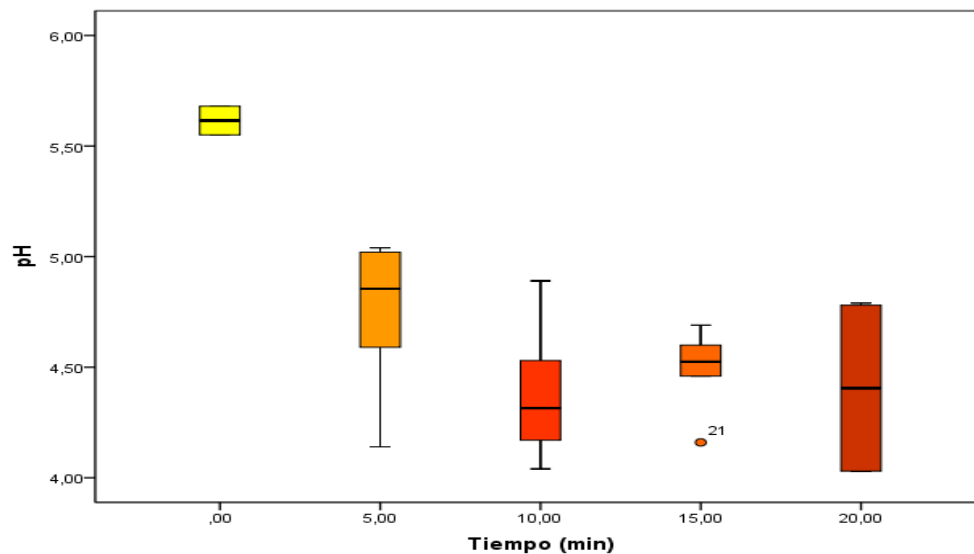
Muestra	<i>Aerobios Mesófilos</i>	<i>Salmonella spp.</i>	<i>Lysteria M.</i>
	$\times 10^3$ ufc/g		
0	75	<i>Ausente</i>	<i>Ausente</i>
0	80	<i>Ausente</i>	<i>Ausente</i>

4.2 Efectos del tratamiento con Ultrasonido

4.2.1 pH

Por efecto de la aplicación del ultrasonido se observa (Gráfico 1) una disminución en el pH de la carne de cerdo de la raza Pietrain.

Gráfico 1. Efecto del ultrasonido sobre el pH de la carne de cerdo de la raza Pietrain



Fuente: autor

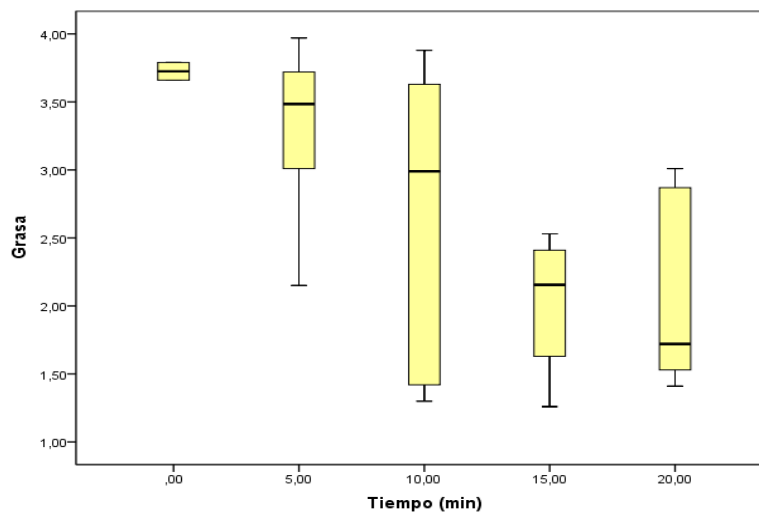
Al realizar el análisis estadístico ANOVA se observa diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$) en una disminución del pH de la carne de cerdo de la raza Pietrain durante los tratamientos con Ultrasonido 37kHz/16°C en los tiempos de 5, 10, 15 y 20 minutos, lo cual se aprecia en el gráfico 1, considerando que el pH disminuye aplicando el tratamiento con US; puede ser debido al efecto de las altas presiones y temperaturas de la cavitación, permitiendo la generación de radicales libres (hidrogeniones), cambios en la estructura helicoidal de la proteína y descomposición del agua, con lo que se aumenta la concentración de iones de hidronio y por ende el pH disminuye según lo encontrado por Jambrak *et al.*, 2008, Gusey D. (2002). De acuerdo con Terán N. *et al.*, 2015 la aplicación del tratamiento con ondas de 25kHz sobre el músculo semitendinoso, genera una caída del pH proporcional al tiempo de exposición y según Kodas S. *et al.*, (1999) este comportamiento se atribuye a la disociación de las moléculas de agua producto de la

sonólisis, la cual libera hidrogeniones al medio, ocasionando que disminuya el pH. Además, Pringet D. *et al.*, (2013) opina que estos cambios en el pH se han evidenciado en aplicaciones de ultrasonido para diferentes grupos de alimentos como frutas, verduras y cárnicos y para Romero P.E. (2009), el pH de la emulsión preparada con carne industrial de búfalo disminuye significativamente ($p < 0,05$) cuando es tratada con ultrasonido (37 kHz, 16°C) durante 3 y 5 minutos. Un tiempo de tratamiento con ultrasonido superior a 3 minutos de la carne de lomo de atún (*Thunnus albacares*) provoca variaciones en su pH, estas variaciones presentan comportamientos diferentes. (Fuentes L. 2010)

4.2.2 Grasa

Los resultados obtenidos para la determinación de grasa de la carne de cerdo de la raza Pietrain se pueden observar en el gráfico 2 donde se muestra una disminución por efecto del tratamiento y el tiempo de exposición.

Gráfico 2. Efecto del ultrasonido sobre la grasa de la carne de cerdo de la raza Pietrain



Fuente: autor

Como se observa en el gráfico 2 entre la muestra control y las muestras tratadas se puede inferir que existen diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$) durante todos los tiempos de tratamientos; además, al aplicar la prueba de comparación o prueba Post Hoc de Diferencias Mínimas Significativas (DMS), se establecieron 3 grupos homogéneos, el primero representado por el control y los otros dos constituidos por las muestras tratadas con ultrasonido. La disminución en el valor del contenido de grasa puede ser debido a la presión de cavitación permite disminuir el tamaño de las partículas favoreciendo la agregación y facilitando además estabilizar los glóbulos grasos para evitar la coalescencia. (Abismal B. *et al.*, 1999) (Barman H. *et al.*, 1995)

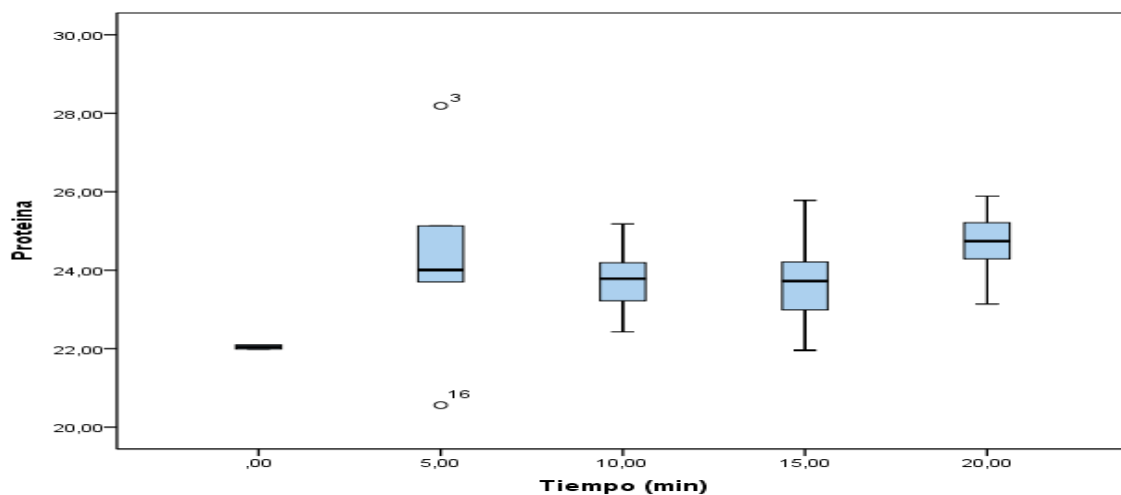
Si una burbuja ultrasónica se destruye en el límite de la fase de dos líquidos inmiscibles, el resultado del choque de la onda proporciona un mezclado más eficaz y estable de la grasa. (Mason T. *et al.*, 1996) (Masudo T. *et al.*, 2001)

Además la homogenización por efecto del ultrasonido, dispersa uniformemente partículas de grasa y hay una mejor distribución de los aminoácidos hidrófilos e hidrófobos mejorando la estabilidad de la emulsión. (Jambrak A. *et al.*, 2008)

4.2.3 Proteína

En el gráfico 3 se observa la variación de la proteína postratamientos, donde se evidencia un aumento por efecto del tratamiento.

Gráfico 3. Efecto del ultrasonido sobre la proteína de la carne de cerdo de la raza Pietrain



Fuente: autor

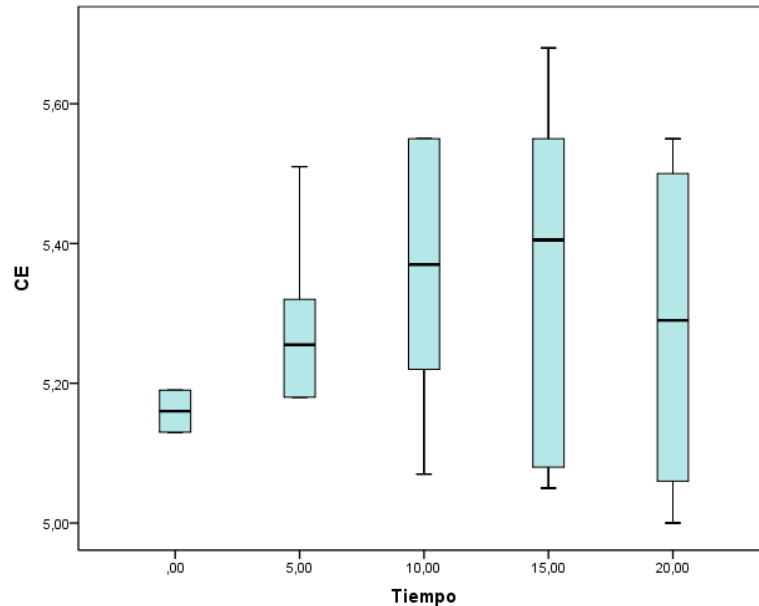
De acuerdo al gráfico 3 se puede inferir que existe diferencias significativas ($p < 0,05$) entre la muestra control y las muestras tratadas con US mostrando una tendencia a aumentar con respecto al tiempo de exposición, lo cual se evidencia con lo dicho por Sotelo I. *et al.*, (2008) quienes estudiaron el efecto del US sobre la actividad ATP-asa, propiedades funcionales y estructurales en surimi de tilapia (*Oreochromis niloticus*) y determinaron que la proteína total incrementó (16,94%) en el surimi con ultrasonido (40kHz; 15min) debido a la presencia de proteínas sarcoplasmáticas remanentes. De igual manera, Gelvez V. *et al.*, (2010) considera que la calidad nutricional de una proteína que más allá de una composición balanceada en aminoácidos, depende de su facilidad para hidrolizarse y que los aminoácidos liberados sean asimilados e ingresen al torrente sanguíneo.

Lee y Güzey (2002) observaron que el fenómeno de la cavitación provocado por la onda ultrasónica, ocasiona cambios en las estructuras de las proteínas, ocasionando un ligero aumento en la flexibilidad de sus moléculas reforzando la formación de una estructura intermedia de estas, haciéndolas más estables.

4.2.4 Capacidad Emulsificante (CE)

Los resultados obtenidos del análisis de ANOVA de la influencia del ultrasonido aplicado a diferentes tiempos sobre CE de la carne de cerdo de la raza Pietrain indica que si existe diferencias significativas a un nivel de significancia de 0.05, por lo tanto se aplicó la prueba de comparación de rangos múltiples o pruebas Post Hoc de DMS para hallar dichas diferencias (ver gráfico 4).

Gráfico 4. Efecto del ultrasonido sobre la CE de la carne de cerdo de la raza Pietrain



Fuente: autor

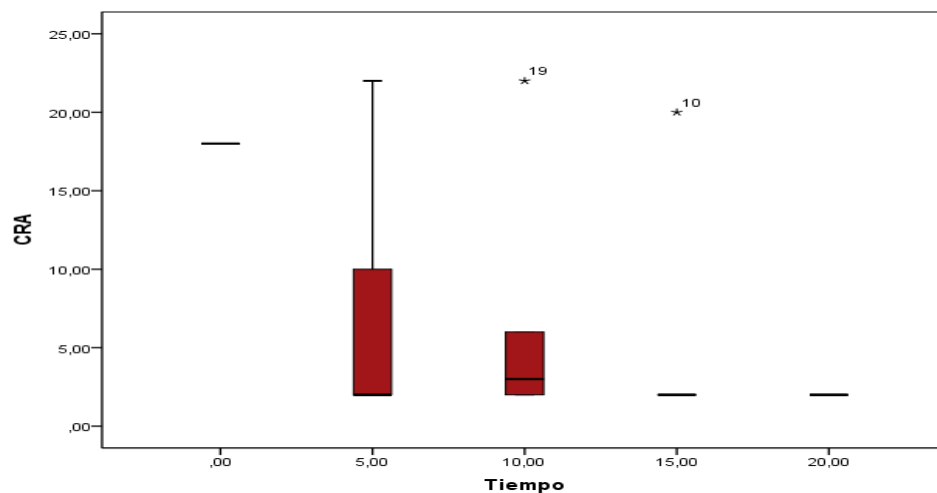
Todas las muestras tratadas mostraron un incremento significativo ($p < 0,05$) con respecto al testigo en la capacidad Emulsificante, siendo mayor en la muestra tratada a los 15 minutos. Un comportamiento similar fue reportado al tratar con ultrasonido (37 kHz/16°C) carne de búfalo (*Bubalus bubalis*), en la cual se observa un aumento significativo ($p < 0,05$) de la CE entre las muestras tratadas a 3 minutos con respecto a la muestra control; lo cual se explica por la formación de una película proteica interfacial constituida por proteínas solubles, actomiosina y miosina, liberadas por el rompimiento de las ondas ultrasónicas, influyendo en la capacidad de ligazón. (Barragan P. y Gelvez V. 2013)

El aumento de la CE en la carne de cerdo es importante ya que facilita la elaboración de productos de pasta fina como salchichas. Los productos cárnicos de pasta fina se consideran sistemas tipo emulsión; están formados por dos fases, una matriz compleja formada por una solución salina que extrae proteínas miofibrilares que a su vez actúan como agentes emulgentes.

4.2.5 Capacidad de retención de agua (CRA)

El efecto del ultrasonido sobre la Capacidad de Retención de agua (CRA) de la carne de cerdo de la raza Pietrain se observa en el gráfico 5.

Gráfico 5. Efecto del ultrasonido sobre la CRA de la carne de cerdo de la raza Pietrain



Fuente: autor

De acuerdo al gráfico 5 se puede observar una disminución estadísticamente significativa ($p < 0,05$) con respecto de su capacidad de retención de agua entre la muestra control y las muestras tratadas, con respecto al tiempo de exposición. Los cambios en la CRA afectan al agua que se le denomina “inmovilizada” y no tienen ninguna relación con el “agua de construcción” (fuertemente ligada a grupos específicos de la molécula ubicada en regiones intersticiales) ni tampoco con el “agua de inter-fase”. (Hamm, 1960, 1962, 1972, 1986).

Por otra parte cambios en la CRA son un indicador muy sensible de los cambios en la estructura de las proteínas miofibrilares. (Hamm, 1972, 1975; Honikel *et al.*, 1986) Así la desnaturalización de las proteínas disminuye la CRA.

Según Acuña N. *et al.*, (2015) la aplicación de ondas de ultrasonido de alta potencia (25kHz) causaron reducción en la CRA del músculo semitendinoso *longissimus* de la

especie bovina, cambios atribuidos al fenómeno de cavitación que genera micro-evaporación del agua. Cambios en la humedad de la carne denotan una disminución de la CRA propiedad relacionada con la textura, terneza y color de la carne. (Huff-Lonergan E., Lonergan SM. 2005)

4.2.6 Humedad

En el grafico 6 se infiere que existe una disminución de la humedad estadísticamente significativa ($p < 0,05$) con respecto de la muestra control y las muestras expuestas al tratamiento en un tiempo de 5 minutos donde hubo la mayor reducción y de ahí en adelante presento variaciones aumentando a los 10 minutos y disminuyendo nuevamente entre los 15 y 20 minutos, coincidiendo con autores como Acuña N. *et al.*, (2015) el porcentaje de humedad del musculo semitendinoso *longissimus* de la especie bovina presenta una disminución gradual con respecto al tiempo de exposición a ultrasonido. Este comportamiento se explica a través del micro-evaporación del agua causada por el fenómeno de cavitación. (Jayasooriya SD *et al.*, (2004)

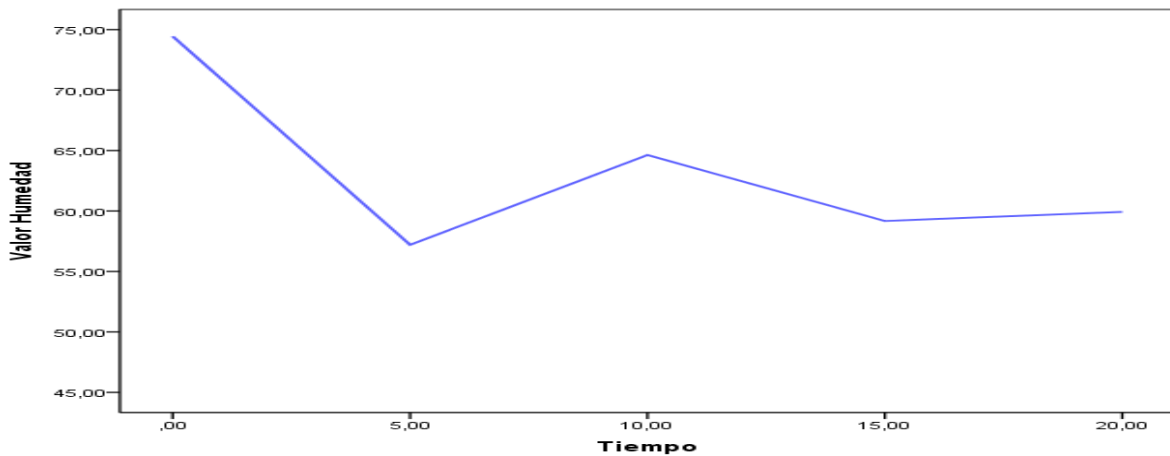


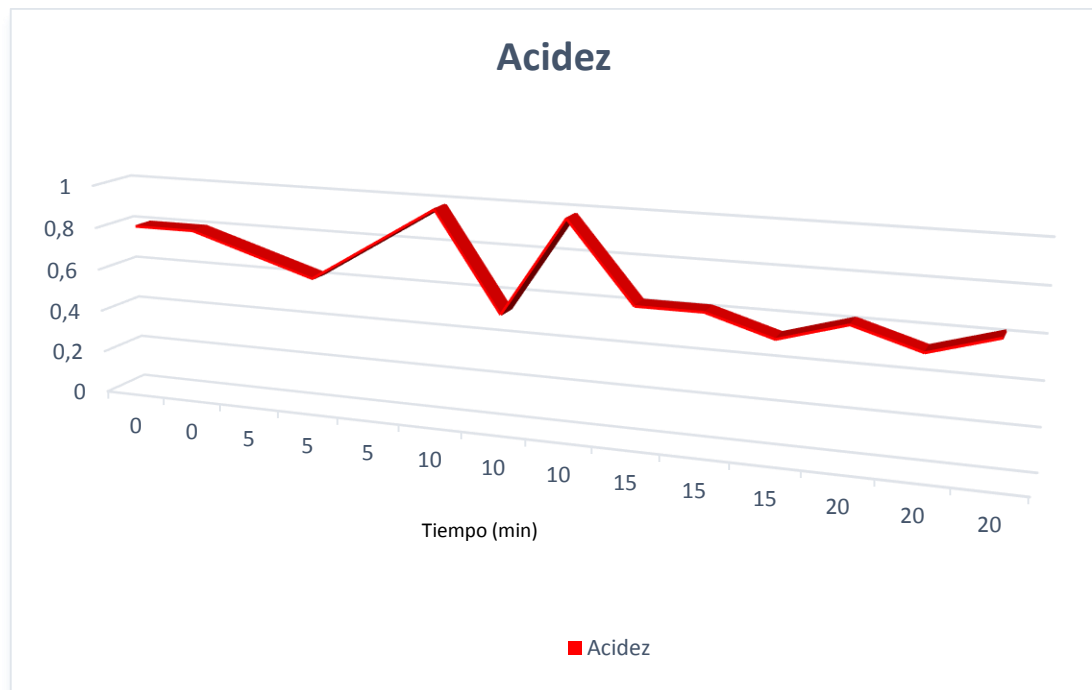
Gráfico 6. Efecto del ultrasonido sobre la humedad de la carne de cerdo de la raza Pietrain
Fuente: autor

Resultado que también coincide con los reportados por Prados M *et al.*, (2013) quienes en el estudio de monitorización del salado de carne de cerdo (*Biceps Femoris*) mediante ultrasonido de señal observaron una disminución estadísticamente significativa ($p < 0,05$) de la humedad con respecto al tiempo de exposición de la muestra control y las expuestas a los tratamientos desde 76.3% hasta 72.3%.

4.2.7 Acidez

El efecto del ultrasonido sobre la acidez de la carne de cerdo de la raza Pietrain grafico 7.

Gráfico 7. Efecto del ultrasonido sobre la acidez de la carne de cerdo de la raza Pietrain



Fuente: autor

Un comportamiento variable puede observarse en el porcentaje de acidez en el tratamiento durante los 5 a 10 minutos y luego de los 10 a 15 min debido a los ácidos producidos por la actividad metabólica de los microorganismos, mientras que durante los 15, y 20 minutos se observa una disminución estadísticamente significativa ($p < 0,05$) con respecto de la muestra control.

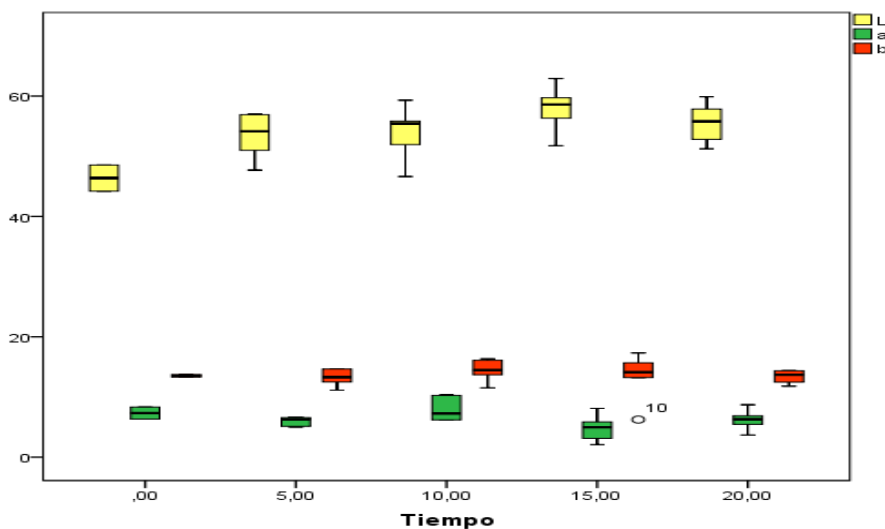
Al comparar los valores de acidez con el pH, se puede observar la relación de una disminución estadísticamente significativa ($p < 0,05$) con respecto de la muestra control,

resultados que coinciden con estudios realizados en la especie bovina donde los procesos post mortem en el tejido muscular ocasionan que el glucógeno se metabolice en ácido láctico, haciendo que la carne presente disminuciones de pH hasta un valor final de entre 5,4 a 5,8 después de 24 h de post mortem. (Huff-Lonergan E., Lonergan SM. 2005) Al comparar este valor final de pH con el obtenido tras 60 minutos de tratamiento con ultrasonido, se pudo evidenciar que la tecnología usada acelera el descenso de esta propiedad, con lo que el pH final se alcanza en menos tiempo, cabe resaltar que los cambios de pH pueden depender de factores como el tiempo de almacenamiento, tipo de musculo y el tiempo de tratamiento. (Jayasooriya SD *et al.*, (2004)

4.2.8 Color

El efecto del ultrasonido sobre el color de la carne de cerdo de la raza Pietrain grafico 8.

Gráfico 8. Efecto del ultrasonido sobre el color de la carne de cerdo de la raza Pietrain



Fuente: autor

Para todos los tratamientos aplicados con US en la carne de cerdo de la raza Pietrain se observó un aumento en relación a la luminosidad L^* durante 5, 10, 15 y 20 min, lo cual indica que estas se tornan más claras con respecto de la muestra control.

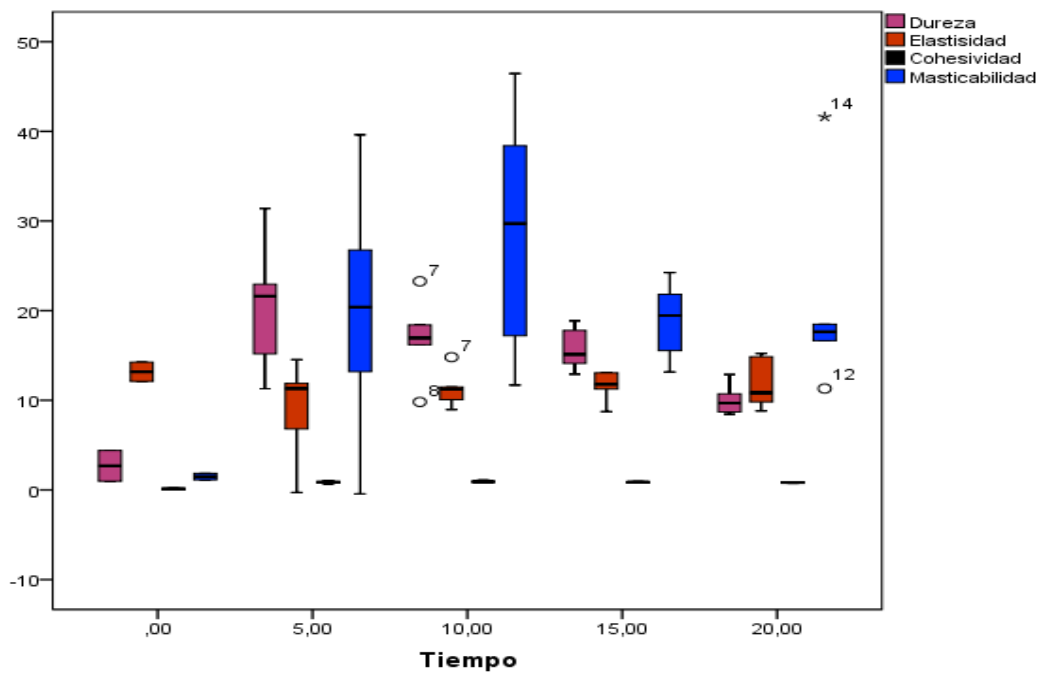
El parámetro de tonos rojos (a^*) y las coordenadas Cielab en (b^*) no se ven afectadas durante los tratamientos y los tiempos de exposición, excepto durante los 10 min con un aumento para los dos parámetros, resultados que difieren con los reportados por Stadnik *et*

al., (2011) quienes estudiaron el efecto del US en carne de vacuno durante 120s reportando que el parámetro L^* en el paso del tiempo no tuvo influencia ($p < 0,05$), mientras que los valores de (a^*) y (b^*) únicamente presentaron diferencias significativas a las 48h y 24h respectivamente.

4.2.9 Textura

En el grafico 9 se observa el efecto del tratamiento con ultrasonido sobre la Textura (dureza, elasticidad, cohesividad y masticabilidad) de la carne de cerdo de la raza Pietrain.

Gráfico 9. Efecto del ultrasonido sobre la Textura (dureza, elasticidad, cohesividad y masticabilidad) de la carne de cerdo de la raza Pietrain.

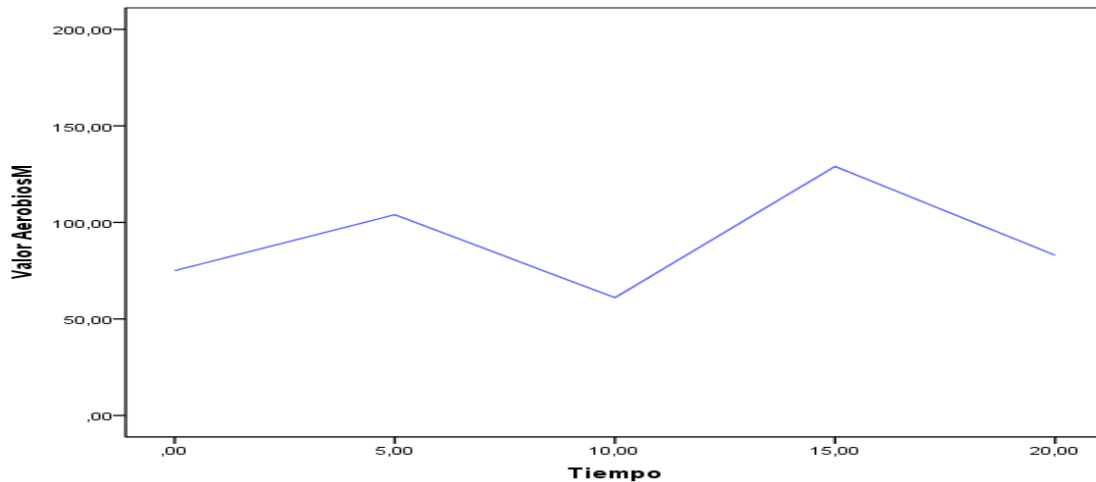


Fuente: autor

El estudio de perfil de textura en la carne de cerdo de la raza Pietrain muestra que en las características de masticabilidad, dureza y cohesividad durante el tratamiento a los 5 min presentan un aumento significativo ($p < 0,05$) con respecto a la muestra control mientras que la elasticidad disminuye. En cambio durante el tiempo de 10 min la masticabilidad y la elasticidad presentan el mayor incremento significativo, mientras que la cohesividad mantiene una tendencia mínimamente significativa a aumentar después de los tratamientos. La dureza disminuye proporcionalmente con respecto al tiempo de tratamiento. La masticabilidad y la elasticidad tienden a aumentar después de los 15 min, corroborado con lo encontrado por Koohmararie, (1992); Dransfield, (1994). Lyng *et al.*, 2007 Tomado de Fuentes L. (2010), considerando que el ultrasonido induce la ruptura de la membrana celular y los lisosomas, aumentándose la terneza de la carne directamente a través del debilitamiento físico de la estructura del musculo o indirectamente por la activación de la proteólisis, la liberación de las catepsinas y/o de los Ca^{++} almacenados intracelularmente, los cuales activan la acción de las calpains, enzimas responsables de la maduración de la carne.

4.2.10 Determinación de aerobios mesófilos

En el grafico 10 se observa el efecto del tratamiento con ultrasonido sobre aerobios mesófilos donde el control muestra el contenido inicial de aerobios mesófilos y a los 15 minutos de tratamiento se presenta un incremento significativo ($p < 0,05$) de AM.

Gráfico 10. Efecto del ultrasonido sobre aerobios mesófilos.

Fuente: autor

De acuerdo al análisis ANOVA aplicado, se encontraron diferencias significativas ($p < 0,05$) en todas las muestras analizadas observándose que durante el tratamiento a los 10min se presentó la mayor reducción de AM, lo cual se corrobora con lo dicho por Hoover D. (2000) y Earnshaw R. (1995) sobre la disminución del recuento microbiano mediante el tratamiento con US atribuido a la cavitación intracelular generada por los choques micro-mecánicos que afectan componentes estructurales y funcionales hasta la lisis de la célula.

Estos resultados coinciden con el estudio realizado por Jayasooriya *et al.*, (2004) donde se encontró que la aplicación del ultrasonido tiene un efecto germicida sobre la flora microbiana presente en la carne bovina, el cual depende de la intensidad del tratamiento, tiempo y temperatura durante el tratamiento.

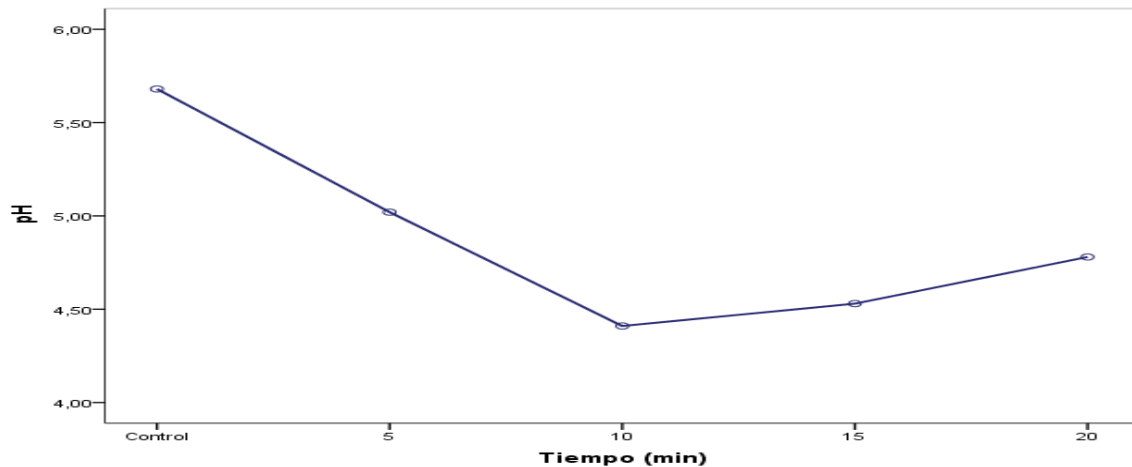
4.3 Efecto del tratamiento con Campos magnéticos

4.3.1 pH

El efecto de la aplicación de campos magnéticos sobre la variación del pH en la carne de cerdo de la raza Pietrain se presenta en el gráfico 11. Como se observa este tratamiento produce una disminución significativa ($p < 0,05$) del pH, el cual disminuye linealmente en el tiempo 5 y 10 min de exposición y luego aumenta en los tiempos 15 y 20 min. Estos datos coinciden con los reportados por Romero P. (2013) quien reporta una disminución

significativa ($p < 0,05$) en el pH con respecto de la muestra control durante el tratamiento con CM a 3min sobre una emulsión de carne de búfalo (*Bubalus bubalis*).

Gráfico 11. Efecto de Campos Magnéticos sobre pH de la carne de cerdo de la raza Pietrain



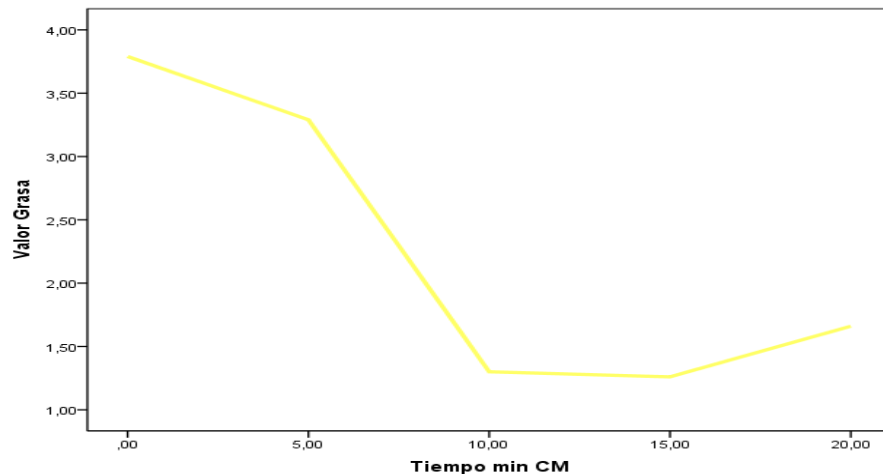
Fuente: autor

La reducción en el valor de pH después del tratamiento puede ser debido al efecto del CM sobre la molécula de agua libre contenida en la muestra de carne de cerdo, dado que cuando el agua fluye en presencia de un campo magnético con una densidad de flujo y velocidad determinados surgen cambios en diferentes parámetros entre ellos el pH (Centro Nacional de Electromagnetismo Aplicado (CNEA), 1997; Peire, 1993 citado en Hernández y Gelvez, 2011). Además, El efecto del aumento del pH pudo deberse a cambios en la estructura de la proteína por hidrolisis, liberándose péptidos y aminoácidos que contienen cadenas laterales y grupos aminos neutralizando los iones hidronios, disminuyendo la carga positiva. (Pothakamury *et al.*, 1993)

4.3.2 Grasa

El efecto de la aplicación de campos magnéticos sobre la grasa en la carne de cerdo de la raza Pietrain se presenta en el gráfico 12, donde se aprecia que este tratamiento produce una disminución significativa ($p < 0,05$) de la grasa, la cual disminuye durante el tiempo 5, 10 y 15 min de exposición y luego aumenta a los 20 min.

Gráfico 12. Efecto de Campos Magnéticos sobre la grasa de la carne de cerdo de la raza Pietrain



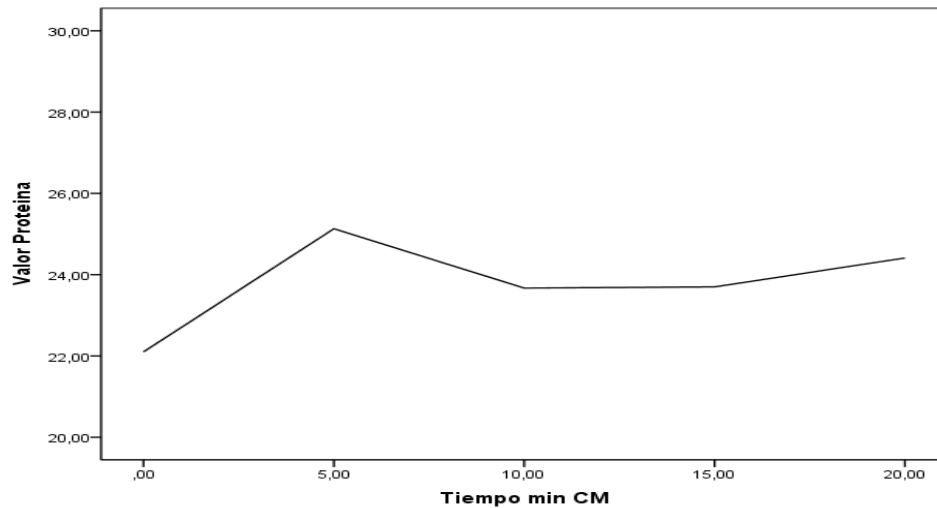
Fuente: autor

La revisión bibliográfica pone en evidencia la escasez de artículos respecto de la determinación de grasa en carnes sometidas a tratamientos con CM. No obstante, según Barragan P. y Gelvez V. (2013) se observa una estabilidad en la emulsión de carne de búfalo (*Bubalus bubalis*) durante el tratamientos con CM (0,1147 T) a los 5min, el efecto del tratamiento se debe a que se presentó una alineación de las moléculas de proteína ocasionada por una anisotropía diamagnética, la cual se presenta cuando prevalece la secuencia α -hélice. (Ataka M., Katoh E., Wakayama M. 1991)

4.3.3 Proteína

En el gráfico 13 se observa el efecto de los tratamientos de CM sobre la proteína en la carne de cerdo de la raza Pietrain. Se puede observar un incremento significativo ($p < 0,05$) de proteína con respecto de la muestra control en los tiempos 5, 10, 15 y 20min de tratamiento.

Gráfico 13. Efecto de Campos Magnéticos sobre la Proteína de la carne de cerdo de la raza Pietrain



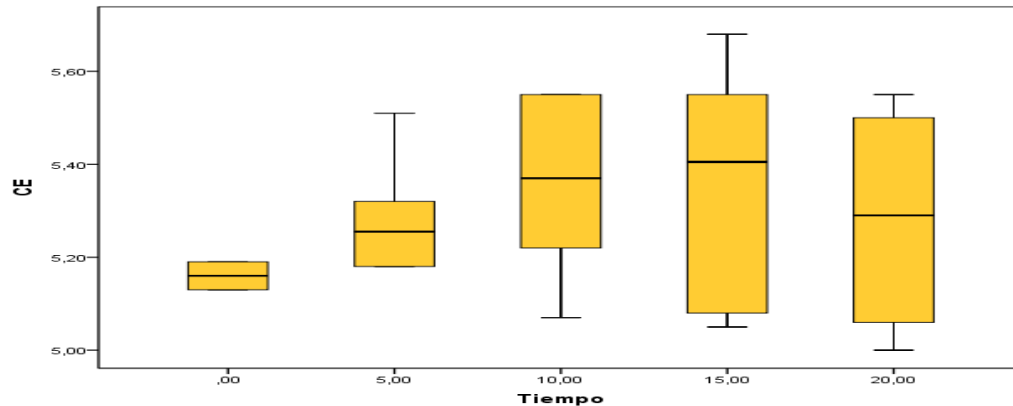
Fuente: autor

Cuando se aplica un campo eléctrico a la célula las cargas eléctricas se incrementan, generándose un potencial a través de la membrana celular. Las cargas acumuladas en ambos lados de la membrana celular se atraen por lo que la membrana se comprime y su espesor se reduce. Las fuerzas elásticas de la membrana se oponen a la compresión. Sin embargo, cuando la atracción de cargas es mayor se originan poros en la membrana celular. Otra teoría explica la electroformación con base en la reorientación de las proteínas y los lípidos presentes en la membrana celular. (QIN *et al.*, 1996 citado en Calderón M. *et al.*, 1999)

4.3.4 Capacidad Emulsificante (CE)

El efecto de los tratamientos de CM sobre la Capacidad Emulsificante en la carne de cerdo de la raza Pietrain se observan en el grafico 14, donde se infiere que existe un incremento significativo ($p < 0,05$) de la CE con respecto de la muestra control.

Gráfico 14. Efecto de Campos Magnéticos sobre la CE de la carne de cerdo de la raza Pietrain



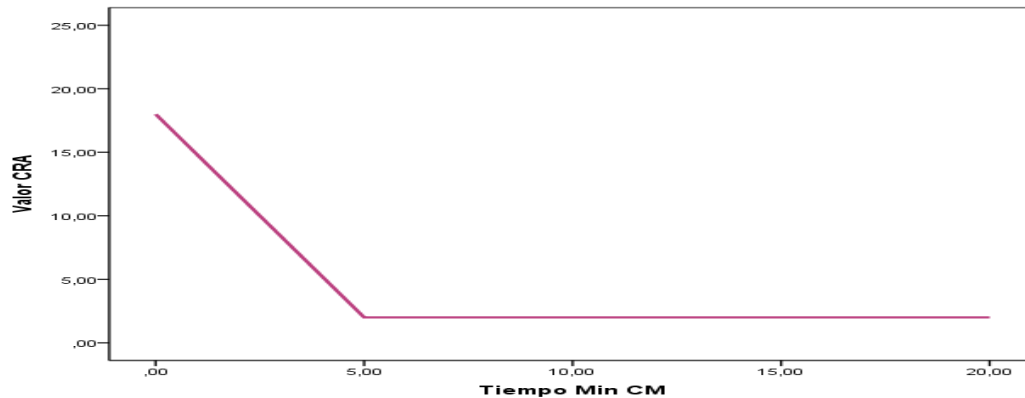
Fuente: autor

Las modificaciones en las proteínas pueden afectar favorablemente las propiedades funcionales de la carne, favoreciendo la capacidad Emulsificante, sabiendo que la emulsión cárnica es una dispersión de tipo grasa en agua conformada además por tejido muscular, cuyas gotas de grasa dispersas en una fase continua de proteína gelificada forman la matriz proteica. (Fernández L. 1997).

4.3.5 Capacidad de retención de agua (CRA)

En el gráfico 15 se infiere que existe una disminución significativa ($p < 0,05$) de la CRA con respecto de la muestra control como respuesta a la aplicación del efecto de los tratamientos del Campo Magnético sobre la Capacidad de Retención de Agua en la carne de cerdo de la raza Pietrain

Gráfico 15. Efecto de Campos Magnéticos sobre la CRA de la carne de cerdo de la raza Pietrain



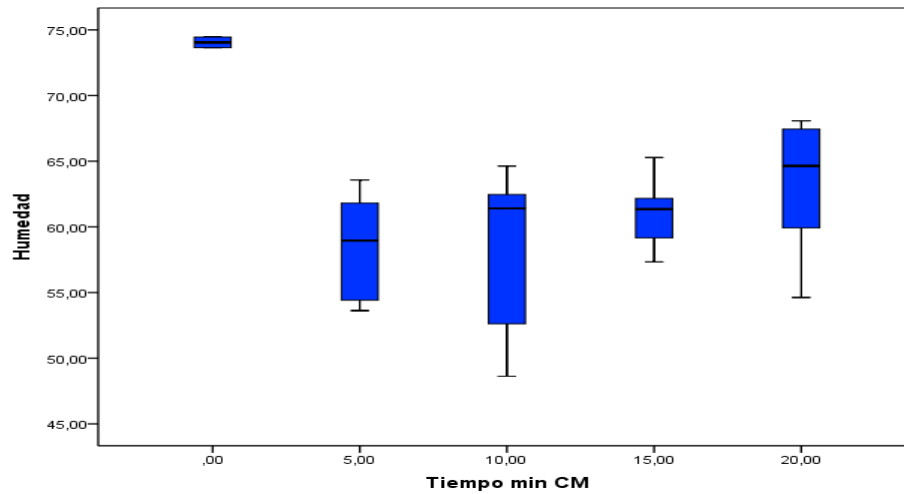
Fuente: autor

Según Liboff, A, R., Williams, T., Strong, D, M., Wistair, R. (1984), los campos magnéticos cambian la orientación de las biomoléculas (proteínas) y de las membranas en una dirección paralela o perpendicular a la aplicación del campo magnético y cambio de la tendencia iónica a través de la membrana plasmática alterando la velocidad de reproducción. Por lo tanto, es posible que la capacidad de retención de Agua CRA se haya visto afectada por la temperatura (16°C) en la que fueron tratadas las muestras lo cual coincide con (JALANG *et al.*, 1987) quien afirma que la formación de hielo en la rotura del tejido muscular y el descenso de CRA es bien conocida. La formación de cristales de hielo conduce a una redistribución del agua, que afecta en su reentrada en los sitios originales (rehidratación proteica y CRA) resultando una eliminación de agua de los tejidos como exudado (Connell, 1968, Matsumoto, 1979)

4.3.6 Humedad

Los resultados de la aplicación del efecto de los tratamientos de CM sobre la humedad en la carne de cerdo de la raza Pietrain se muestran en el gráfico 16, de la cual se aprecia una disminución significativa ($p < 0,05$) de la humedad con respecto de la muestra control.

Gráfico 16. Efecto de Campos Magnéticos sobre la Humedad de la carne de cerdo de la raza Pietrain



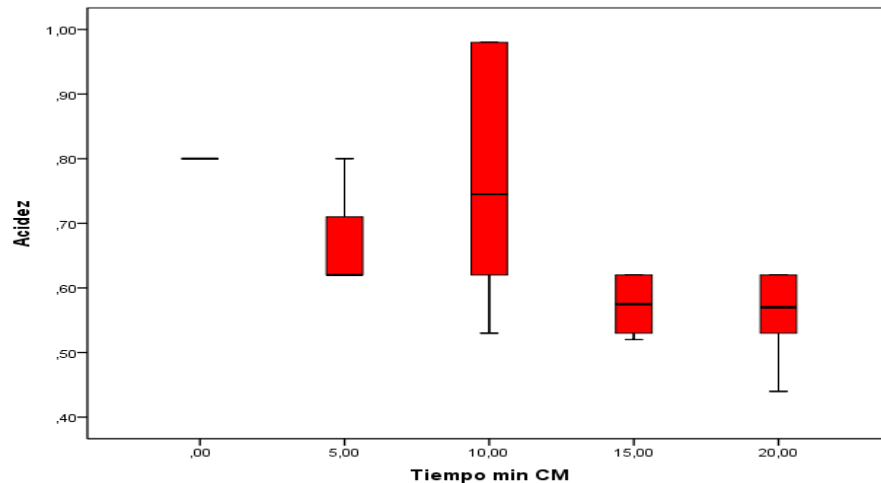
Fuente: autor

Respecto de la determinación de humedad en carne sometida a tratamientos con campos magnéticos se evidencia escasez de artículos en la revisión bibliográfica, sin embargo se pudo determinar que el campo magnético (0,1147T) aplicado sobre la carne de cerdo de la raza Pietrain produce una reducción significativa ($p < 0,05$) en el contenido de humedad.

4.3.7 Acidez

En el gráfico 17 se puede observar el efecto de los tratamientos de CM sobre la Acidez en la carne de cerdo de la raza Pietrain. Se puede inferir que existe una disminución significativa ($p < 0,05$) de la Acidez con respecto de la muestra control; mientras que durante el tiempo 10min se observa un incremento de la acidez. Sin embargo, la acidez disminuye significativamente ($p < 0,05$) en los tiempos 15 y 20 min de tratamiento con el CM (0,1147T).

Gráfico 17. Efecto de Campos Magnéticos sobre la Acidez de la carne de cerdo de la raza Pietrain



Fuente: autor

Los resultados coinciden con otros autores como Insua D. *et al.*, (2010) quienes aplicaron magnetizadores con intensidades de 0,12 T y 0,18 T en el punto de descarga de ordeño mecanizado de leche cruda sin refrigerar, al inicio, a las 8h, 12 horas y en ambas intensidades magnéticas evaluaron acidez, pH y demostraron que el tratamiento magnético con una Intensidad de 0,18 T retarda significativamente ($p < 0,05$) la acidez comparada con la muestra control.

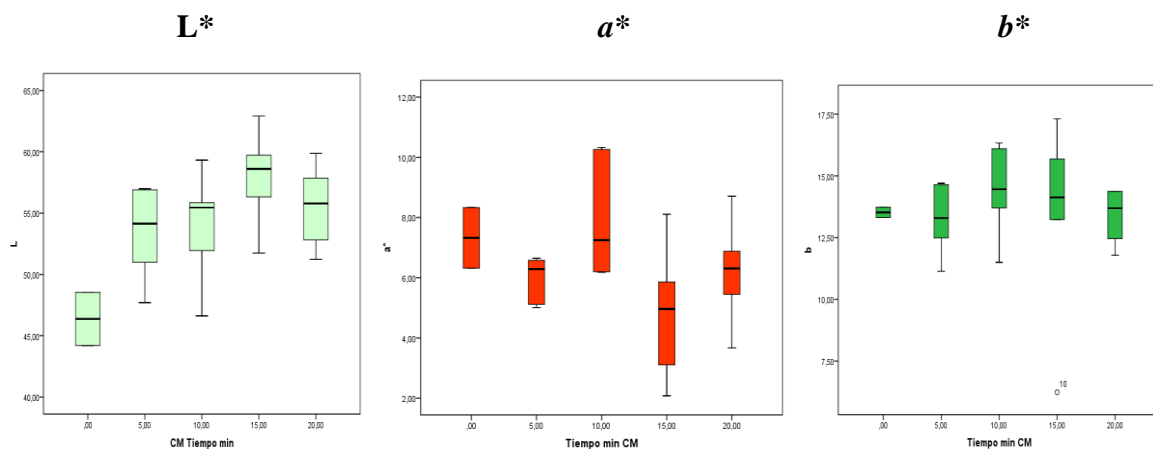
4.3.8 Color

En la tabla 5 se presenta los resultados del ANOVA de la aplicación de los campos magnéticos a los parámetros color de la carne de cerdo de la raza Pietrain, donde se infiere que existen diferencias estadísticamente significativas a un nivel de significancia de 0,05. Posteriormente se aplicó la prueba de comparación múltiple o Post Hoc de DMS para encontrar dichas diferencias lo cual se aprecia en el gráfico 18.

Tabla No. 5 Análisis de ANOVA de la aplicación de CM a los parámetros de color de la carne de cerdo Pietrain

ANOVA						
		Suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
L	Inter-grupos	165,416	2	82,708	5,503	0,011
	Intra-grupos	345,703	23	15,031		
	Total	511,119	25			
a*	Inter-grupos	3,842	2	1,921	0,497	0,615
	Intra-grupos	88,838	23	3,863		
	Total	92,68	25			
b*	Inter-grupos	1,42	2	0,71	0,152	0,86
	Intra-grupos	107,817	23	4,688		
	Total	109,237	25			

Gráfico 18. Efecto de Campos Magnéticos sobre el color de la carne de cerdo de la raza Pietrain



Fuente: autor

Al aplicar el CM sobre las características de color L^* , a^* , b^* , se infiere que existen diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$) durante los tiempos de tratamiento siendo el parametro L^* el mas afectado durante los 15 min de tratamiento con CM, lo cual indica que esta se torna mas clara con respecto de la muestra control.

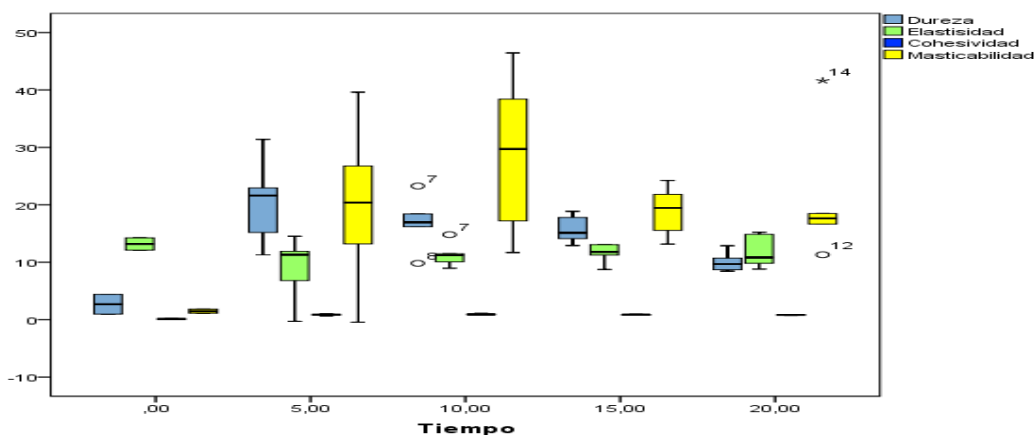
Este cambio de coordenadas en el color puede ser debido a el efecto del tratamiento CM en la desnaturalizacion de la mioglobina y/o hemoglobina y el desplazamiento libre de estas por efecto de este tratamiento (Cheftel y Culioli, 1997 citado en Lorenzo F. 2010)

El índice amarillo b^* presenta diferencias significativas ($p < 0,05$) en los tiempos 10, 15 y 20min mientras que a los 5 min no se observaron diferencias respecto al control.

4.3.9 Textura

El efecto en el tratamiento de CM en el perfil de textura en la carne de cerdo de la raza Pietrain se puede ver en el gráfico 19, observándose que la dureza aumenta a los 5 min y disminuye después de 10 min, la masticabilidad aumenta hasta los 10 min y luego disminuye, la cohesividad no se ve afectada, mientras que la elasticidad disminuye levemente.

Gráfico 19. Efecto de Campos Magnéticos sobre la textura de la carne de cerdo de la raza Pietrain



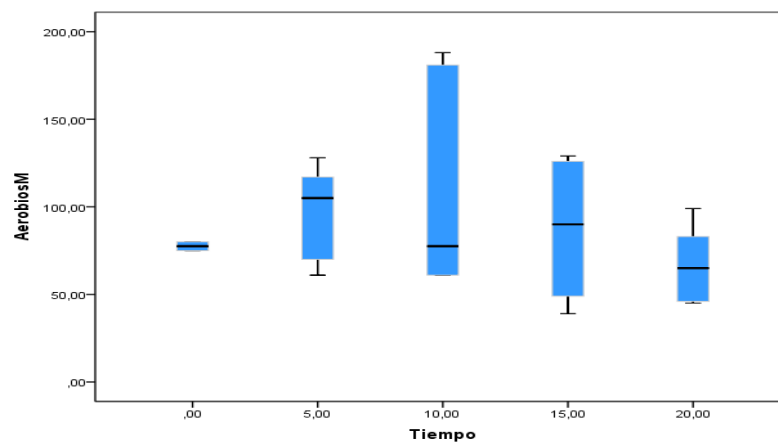
Fuente: autor

Estudios realizados por Romero y Gelvez (2013) en una emulsión de carne de búfalo con tiempos de exposición a CM de 0, 3, 5 y 10 min se observó que la dureza no tuvo diferencias significativas entre la muestra control y el tratamiento durante 3min, pero si evidencio una disminución a los 5min y 10min de exposición a CM ($p<0,05$). Por otra parte la elasticidad no tuvo diferencias significativas en la muestra control y CM durante 5min y 10min, sin embargo durante los primeros 3min se observaron diferencias estadísticamente significativas ($p<0,05$), siendo en promedio mayor que las demás muestras analizadas en un 9,76%. De igual manera, se observó que la masticavilidad no tuvo diferencias significativas entre la muestra control y los dos primeros tiempos de exposición a CM ($p<0,05$), sin embargo a los 10min este parámetro aumento en promedio en un 33,3% respecto a las demás muestras.

4.3.10 Determinación de aerobios mesófilos

EL efecto del tratamiento CM sobre las bacterias aerobias mesófilos (AM) en la carne de cerdo de la raza Pietrain se observan en el grafico 20.

Gráfico 20. Efecto de Campos Magnéticos sobre Aerobios Mesófilos



Fuente: autor

Al efectuarse el análisis estadístico ANOVA, se observa un aumento de AM estadísticamente significativo ($p < 0,05$) en las muestras tratadas durante los tiempos de exposición 5, 10 y 15min con respecto de la muestra control, donde se evidencia que los tratamientos con CM no redujeron el contenido de (AM), mientras que durante los 20min de exposición presenta una disminución estadísticamente significativo ($p < 0,05$) de AM.

Estos datos coinciden con los reportados por Gonzalez S. *et al.*, (2015) quienes evaluaron el efecto de los campos magnéticos de alta intensidad (11,700 Gauss) y baja intensidad (3,800 Gauss) para la preservación de leche cruda y no encontraron diferencias significativas ($p < 0,05$) en la reducción de bacterias. De igual manera, estos resultados difieren con Fuentes L. *et al.*, (2010) y Barragan P. *et al.*, (2013) quienes han reportado una disminución estadísticamente significativa ($p < 0,05$) en el recuento de (AM) después de aplicar CM sobre algunos alimentos como emulsiones cárnicas y atún.

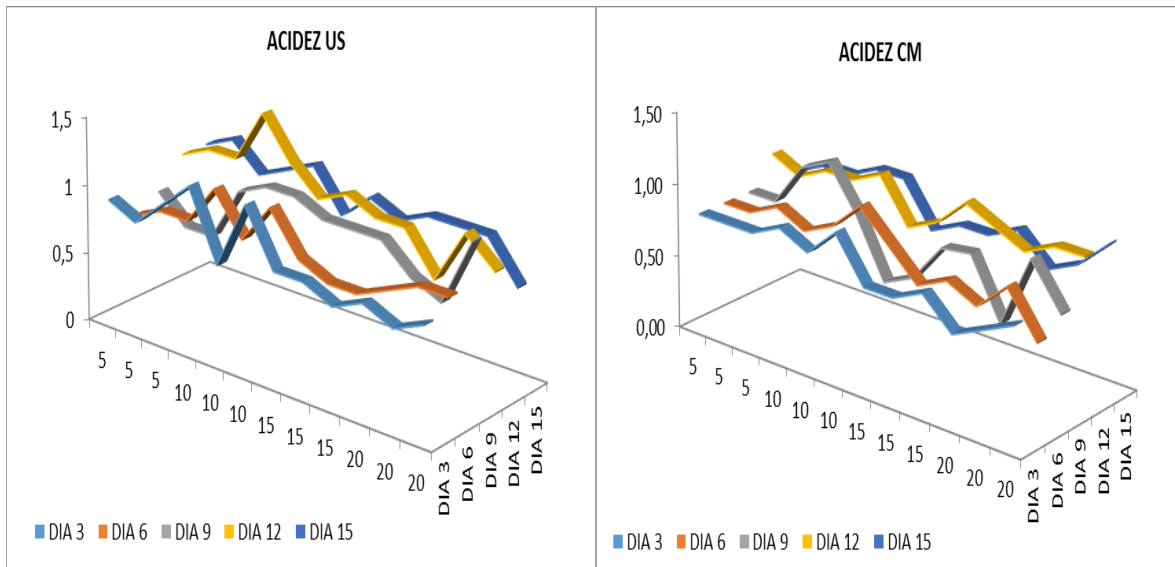
4.4 Evaluación de los métodos en los días 3, 6, 9,12, y 15 después de los tratamientos con US y CM durante 5, 10, 15 y 20 min.

Para evaluar el uso del ultrasonido y los campos magnéticos como métodos de conservación, se estudió el efecto de los mismos en la vida útil de la carne fresca de cerdo de la raza Pietrain, mediante el seguimiento de la acidez, el pH y la presencia de aerobios mesófilos a los 3, 6, 9, 12, y 15 días después de aplicados los tratamientos.

4.4.1 Acidez

El efecto de los tratamientos con US y CM sobre la Acidez en la carne de cerdo de la raza Pietrain se presenta en el grafico 21. Se puede observar un aumento significativo ($p < 0,05$) de la Acidez con respecto de la muestra control, durante los días 6, 9, 12 y 15 después de los tratamientos con US y CM, mientras que se observa una disminución significativa ($p < 0,05$) de la acidez durante el día 3 después de los tratamientos con US y CM.

Gráfico 21. Efecto de Ultrasonido y Campos Magnéticos sobre la Acidez de la carne de cerdo de la raza Pietrain en los días 3, 6, 9,12 y 15.



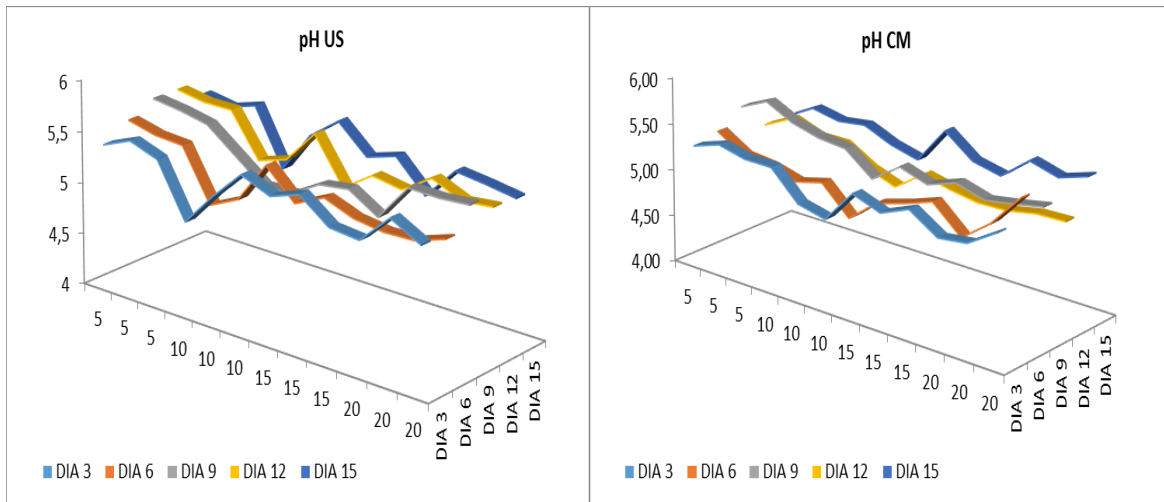
Fuente: autor

El tratamiento con US sobre la acidez de la carne de cerdo se observa una disminución estadísticamente significativas ($p < 0,05$) para los días 3, 6 y 15 posterior al tratamiento durante 5, 15 y 20min, lo que indica una disminución de AM, este comportamiento favorece la calidad de la carne. Mientras que con CM a partir de los tratamiento 10, 15 y 20min para los días 9, 12 y 15 se puede observar un aumento estadísticamente significativo ($p < 0,05$) de la acidez, lo cual pudo deberse al crecimiento y reproducción de Aerobios Mesófilos que incremento la síntesis de DNA, la orientación de las biomoleculas, membranas y el intercambio iónico de la célula. Bolado R. *et al.*, (2000).

4.4.2 pH

El efecto de los tratamientos con US y CM sobre el pH de la carne de cerdo de la raza Pietrain se presenta en el grafico 22. Se puede observar una disminución significativa ($p < 0,05$) del pH con respecto de la muestra control, durante el día 3 después de los tratamientos con US y CM.

Gráfico 22. Efecto de Ultrasonido y Campos Magnéticos sobre el pH de la carne de cerdo de la raza Pietrain en los días 3, 6, 9, 12 y 15.



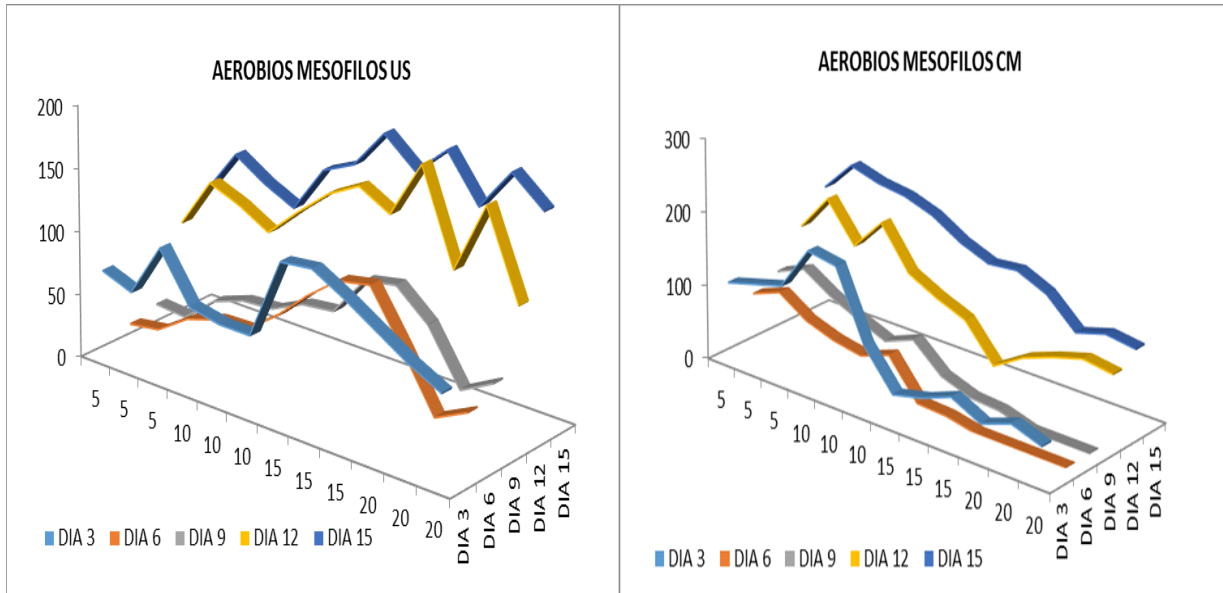
Fuente: autor

Se observa una disminución estadísticamente significativa ($p < 0,05$) del pH para los días 6, 9, 12 y 15 posteriores a los tratamientos con US durante 5 minutos. Este efecto pudo deberse al presentarse cambios en la estructura de la proteína por hidrólisis, liberándose péptidos y aminoácidos que contienen cadenas laterales y grupos aminos neutralizando a los iones hidronios de esta manera, aumentando la carga positiva, ocasionando una disminución del pH (Pothakamury *et al.*, 1993). Se puede observar que para los días 6, 9, 12 y 15 posteriores a los tratamientos con US durante 10, 15 y 20 min se presentó un aumento estadísticamente significativo ($p < 0,05$) del pH. Mientras que en el tratamiento con CM durante 10 min de exposición en los días 3, 6, 9, 12 y 15 se puede inferir que existe una disminución estadísticamente significativo ($p < 0,05$) del pH. Datos que difieren con los reportados por Fuentes L. (2010) en el tratamiento con campos magnéticos en la carne de lomo de atún donde el CM induce un incremento de su pH a menor tiempo de tratamiento mayor es el incremento de pH.

4.4.3 Recuento de aerobios mesófilos.

El efecto de los tratamientos con US y CM sobre aerobios mesófilos de la carne de cerdo de la raza Pietrain se presenta en el gráfico 23. Se observa una disminución significativa ($p < 0,05$) los días 3, 6 y 9 después de los tratamientos con US y CM sobre aerobios mesófilos mientras que para los días 3, 12 y 15 se puede observar un aumento significativo ($p < 0,05$) de (AM) con respecto de la muestra control.

Gráfico 23. Efecto de Ultrasonidos y Campos Magnéticos sobre Aerobios Mesófilos en los días 3, 6, 9,12 y 15.



Fuente: autor

Se observa una disminución estadísticamente significativo ($p < 0,05$) de Aerobios Mesófilos para los tratamientos con US y CM en los tiempos 15 y 20 min de exposición en los días 3, 6 y 9 posteriores a los tratamientos, datos que coinciden con otros autores como Bolado R *et al.*, (2000) quien reporta que al hacer pasar una corriente electromagnética sobre un alimento produce una disminución de microorganismos, mientras que Barragan P y Gelvez V (2013) lograron una disminución de coliformes fecales en todas las muestras tratadas con CM y US en una emulsión de carne de búfalo. Mientras que a partir del día 12 al 15 se observa un aumento estadísticamente significativo ($p < 0,05$) de (AM), lo cual pudo ser debido a que las técnicas no son invasivas y no alcanzan a penetrar todo el tejido cárnico.

CONCLUSIONES

1. El uso de US y CM mejoran la calidad e inocuidad de la carne; los CM al no requerir de un medio para propagarse como el agua puede representar una herramienta simple para conservar carne fresca en procesos industriales hasta por 9 días con una intensidad de 0,1147T durante 20 min y en temperaturas hasta 16°C.
2. Durante los tiempos de exposición 5, 10, 15 y 20 min de US sobre las muestras tratadas de carne se observó un aumento en el contenido de proteína, lo que permite mejorar la calidad tecnológica de la carne (CRA, CE).
3. En las muestras estudiadas la aplicación del ultrasonido y campo magnético provoca cambios en los parámetros de color; la luminosidad (L) aumenta en relación con el tiempo de tratamiento, lo que mejora su apariencia en términos de calidad.
4. El tratamiento con US y CM durante 5, 10, 15 y 20 min sobre la carne de cerdo disminuye el contenido de grasa con respecto al tiempo de exposición; lo que podría evitar la rancidez oxidativa de la grasa, mejorando la calidad sensorial del producto.

RECOMENDACIONES

1. Los tiempos e intensidades aplicados de ultrasonido (37kHz) y campos magnéticos (0,147T/16°C) se deben combinar con diferentes intensidades para hacer una comparación en cuál de ellas se presenta la mayor reducción de aerobios mesófilos en la carne fresca de cerdo de la raza Pietrain.
2. Estudiar el efecto que tienen las bajas temperaturas sobre la capacidad que tienen el ultrasonido y los campos magnéticos de penetrar y causar efectos sobre la carne y su carga microbiológica.
3. Realizar ensayos inoculando la carne de cerdo de la raza Pietrain con otro tipo de bacterias como Salmonella y Listeria Monocytogenes y evaluar el efecto de estas dos técnicas sobre su capacidad bactericida en los microorganismos.
4. Hacer más estudios en carne de cerdo (corte pierna) de la raza Pietrain aplicando ultrasonido y campos magnéticos y evaluar el efecto que tienen estas técnicas sobre las características funcionales CRA y CE para hacer afirmaciones más asertivas sobre el efecto de estas tecnologías emergentes.

BIBLIOGRAFÍA

1. **Acuña N., Castro A., Porras O. (2015).** Efecto del ultrasonido sobre las propiedades fisicoquímicas y microbiológicas de un musculo de la especie bovina.
2. **Alasnier C, Gandemer (2000).** Activities of phospholipases A and lysophospholipases in glycolytic and oxidative skeletal muscles in the rabbit. *Journal of the Science of food & agricultura* No. 80. Sigue. Pp 698-702.
3. **Andres AI, R Cava, AI Mayoral, JF Tejada, D Morcuende, J Ruiz (2001).** Oxidative Stability and fatty acid composition of pig muscle as affected by rearing system crossbreeding and metabolic type of muscle fibre. *Meat Science* No. 59. pp 39-47.
4. **Asociación Colombiana de Porcicultores (2012)** Fondo Nacional de la Porcicultura. Área Económica. Consultado en línea 05-10-2013 disponible en www.dane.gov.co.
5. **AOAC. (1990).** Association of Official Analytical Chemistry. 15th Ed, Arlington, Virginia-USA. pp 931-935.
6. **Backus, G.B.C., Van Wagenberg, C.P.A. y Verdoes, N. (1998).** Environmental impact on pig production. *Meat Science* 49, S65-S72.
7. **Behrend, O. Schubert, H. (2001).** Influence of hydrostatic pressure and gas content on continuous ultrasound emulsification. *Ultrason. Sonochem* (8) pp 271-276.
8. **Beltran, E. Plank, R. y Mar-Mur, M (2004).** Use of antioxidantes to minimize rancially in pressured and cooked chicken slurries. *Meat Science* (66) pp 719-725.
9. **Benito J, C. Vazquez C. Menaya J.L. Ferrera, J.M. Garcia-Casco, L. Silio, J. Rodriganez y M.C. Rodriguez (2000).** Evaluation of the productive parameters in

- different strains of Iberian pig. In CIHEAM (Eds), Tradition and innovation in Mediterranean pig production. (Serie A. No. 41; pp. 113-121), Zaragoza.
10. **Bolado-Rodríguez S, Góngora-Nieto MM, Pothakamury U, Barbosa-Cánovas GV y Swanson BG. 2000.** A review of Nonthermal Technologies. En: Trends in Food Engineering. Ed. JE Lozano, C Añón, E Parada Arias y GV Barbosa Cánovas. Lancaster, Pennsylvania. Technomic Publishing, Co., Inc.
 11. **Boletín económico del sector porcicultor (2013)** Consultado en línea: 12-10-2013 disponible en www.dane.gov.co.
 12. **Bourne, M.C. (1982).** Food Texture and viscosity: concept and measurement. Academic Press, New York.
 13. **Brandt, M.A., Fkiller. E.E., Coleman, J. (1963).** Texture profile métodos. *J. Food science* (28) pp 404-409.
 14. **Cheftel, J. C., & Culioli, J. (1997).** Effects of high pressure on meat: A review. *Meat Science*, 46(3), 211–236.
 15. **COMTRADE (2013)** United Nations Commodity Trade Statistics Database consultada en línea el 08-10-2013, disponible en <http://comtrade.un.org/db/dqBasicQueryResults.aspx?px=HS&cc=3820&r=170&p=124&rg=1&y=2010&so=8>
 16. **Dolatowski, Z, J., Stadnik, D, M. (2007).** Applications of ultrasound in food technology. *Acta Sci.Pol., Technol. Aliment.* 6 (3), 89-99.
 17. **Dransfield, E. (1994).** Optimization of tenderization, ageing and tenderness, *Meat Science*, 36 (1-2), 105-121.
 18. **Encuesta de Sacrificio de Ganado. (2012)** Sacrificio de ganado total nacional y regional vacunos, porcinos y otras especies Consultado en línea 05-10-2013 disponible en www.dane.gov.co.
 19. **Earnshaw, R. G., Appleyard, J., and Hurst, R. M. (1995).** Understanding physical inactivation processes: combined preservation opportunities using heat,

ultrasound and pressure. *International Journal of food Microbiology*. 28, 197-219.
Citado por: Ross, A. I. V., Griffiths, M W., Mittal, G. S., and Deeth, H.C. (2003).
Combining non thermal technologies to control foodborne microorganisms.
International of food microbiology. 89, 125-138.

20. Faber, M.J. y peterkin, P.I. (1990). *Listeria monocytogenes* a fooborne pathogen.
Microbiology reviews. (55) pp 476-511.

21. FAO (2012). Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la
Agricultura Consultado en línea 02-10-2013. Disponible en
<ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/010/a0255s/a0255s02.pdf>.

22. FAO (2012). Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la
Agricultura consultado en línea 02-10-2013. Disponible en:
[http://www.fao.org/docrep/008/y9492s/ y9492s09.htm#TopOfPage](http://www.fao.org/docrep/008/y9492s/y9492s09.htm#TopOfPage).

23. Freda HC. (2001). Factores de riesgos cardiovasculares y nutrición. Department of
Nutritional Science. Oklahoma State University. July.

24. FEDEGAN (2010). Federación Nacional de Ganaderos Tecnología del Manejo,
conservación y corte de la carne bovina y porcina.

25. Floros, J.D. y Liang, H. (1994). Acoustically assisted diffusion through
membranes and biomaterials. *Food Technology* (48) pp 79-84.

26. Fuentes L. (2009). Estudio de la aplicación de tecnologías no convencionales sobre
las propiedades de la carne de lomo de atun (*Thunnus albacares*) Universidad de
Pamplona. pp 32-39

27. Gélvez, V.M. (2005). Elaboración de crema de huevo mediante alta presión e
irradiación. *Tesis doctoral* Universidad Autónoma de Barcelona. pp. 59-67.

28. Gelvez V., Luna N., Campo Y. (2015) Efecto del ultrasonido en la digestibilidad
in vitro de las proteínas contenidas en la harina de trigo.

- 29. Güzey, D. (2002)** Modification of Protein Structure and Functionality Using High-Intensity Ultrasound, Thesis Masters of Science Degree, The University of Tennessee, Knoxville, pp. 52-68.
- 30. Guerrero I., Arteaga M.R. 1990.** Productos cárnicos emulsionados: fabricación de salchichas y bolonas. Capítulo 5 Tecnología en carnes (1a edición). Editorial Trillas, México pp. 51-62.
- 31. Hernández, S. (2009).** Efecto del ultrasonido y campos magnéticos sobre las propiedades físicas, químicas, reológicas y microbiológicas del huevo líquido entero Universidad de Pamplona pp 30.
- 32. Hamm, R. (1975).** On the rheology of minced meat. *Journal. Text. Student.* 6, 281-292.
- 33. Hansson I., K Lundsrtrom y B. Malmforms. (1975).** Effect of sex and weight on growth, feed efficiency and carcass characteristics of pigs. *Swedish Journal of Agricultural Research* 5:69-80.
- 34. Honikel, K. (1998).** References Methods for assessment of physical characteristics of *Meat Science*, pp 49,417,457.
- 35. Hoover, D. G. (2000).** Kinetics of microbial inactivation for alternative food processing technologies ultrasound. *Journal of Food Science* (supplement), 93-95.
- 36. Huff-Lonergan E, Lonergan SM.** Mechanisms of water-holding capacity of meat: The role of postmortem biochemical and structural changes. *Meat Science* 2005; p. 194-204
- 37. IMNC A.C. (2003).** México Calidad selecta. Pliego de condiciones para el uso de marcas oficiales de carne de cerdo. Instituto Mexicano de Normalización y certificación, A.C. México DF. Marzo.

- 38. Jambrak, A., R, Mason, T., J., Lelas, V., Herceg, Z., Herceg, I., L. (2008).** Effect of ultrasound treatment of solubility and foaming properties of whey protein suspension. *Journal of food engineering*, 86, 281-287.
- 39. Jayasooriya, S.D., Torley, P.J, D'arcy, B.R., Bhandary B.R. (2007).** Effect of high power ultrasound and ageing on the physical properties of bovine *semitendinosus* and *longissimus* muscle. *Meat science*, 75, 628-639.
- 40. Juncher D, B Ronn, ET Mortensen, P Henckel, A Karlsson, LH Skibsted, G Bertelsen (2001).** Effect of pre- slaughter physiological conditions of the oxidative stability of colour and lipid during chill storage on pork. *Meat Science* No. 58:347-357.
- 41. Kharisov, B.I. y Mendez U.O. (1999).** Uso del ultrasonido en procesos químicos. *Ingenierías*. 2,5.
- 42. Knorr, D., Zenker, M., Heinz, V. y Lee, D. U. (2004).** Applications and potential of ultrasonics in food processing. *Trends in Food Science & Technology* (15) pp 261-266.
- 43. Koohmaraie, M. (1992).** The role of Ca²⁺ -dependent proteases (calpains) in post mortem proteolysis and meat tenderness. *Biochimie*. 74:239-245.
- 44. Koda S, Kenji Y, Hiroyasu Y.** Effect of power ultrasound on pH change in water saturated with air, oxygen, nitrogen, argon and mixtures. *Kagaku Kogaku Ronbunshu*. Vol. 25 1999; p. 290-293
- 45. Lawarie, R.A. 1985.** The storage and preservation of meat. 1. Temperature control. *En meat Science*, Oxford, United Kindom: Pergammon Press. Pp. 112-137.
- 46. Lee, V. (2002).** Application of combined non-thermal treatments for the processing of liquid whole egg. *Prozesswissenschaften der Technischen Universidad Berlin zur Erlangung des akademischen Grades*, Berlin.

- 47. Liboff, A., Williams, T., Strong, D., Wistair, R. (1984).** Time varying magnetic fields: Effect on DNA synthesis. *Science* 223: 818-820.
- 48. Lyng, J.G., Allen, P., y McKenna, B.M. (1997).** The influence of high intensity ultrasound baths on aspects of beef tenderness. *J. Muscle Foods*. 8:237-249.
- 49. López –Bote CJ. (1998).** Sustained utilization of the iberian pig breed. *Meat Science*. No. 49: S17-S27.
- 50. Mason, T.J., (1990).** Ed. Jai Press : London, U.K (1) pp 66-129
- 51. Manson, T.J. y Luche, J.L. (1996).** Ultrasound as new tool for synthetic chemists. In R. van Eldik y C.D Hubbard (Eds), *Chemistry under extreme or non classical conditions*. 317-380. Citado por: Knorr, D., Zenker, M., Heinz, V., Lee, D.U. (2004). Applications and potential of ultrasonic in food processing. *Trends food science and technology*, 15, 261-266.
- 52. Mariscal L. G. (1994).** Alimentación y calidad de la canal XVIII simposium de ganadería tropical, retos de la porcicultura tropical y temas selectos de apicultura. Veracruz, pp 15-30.
- 53. Mayes AL. (2003).** Lípidos y ácidos grasos de importancia fisiológica. En bioquímica de Harper. Editorial el manual moderno.
- 54. McClements, D.J. (1995).** Advances in the application of ultrasound in food analysis and processing. *Trends in food science & technology*, volume 6. 293-299.
- 55. Mulay, L. N. (1964).** Basic concepts related to magnetics fields and magnetics subsectibility Biological effects of Magnetics Fields (M. F. Barnothy, ed.), Plenum Press, New York, 1964, Vol 1, pp 33-55.
- 56. Murray A, W Robertson, F Nattress, A Fortin. (2001).** Effect of Pre- slaughter overnight feed withdrawal on pig and carcass muscle quality. *Canadian Journal of Animal Sciecie* No. 81:89-97.


- 57. NPPC. (2000).** Pork composition and quality assessment procedures. National pork Producers Council, Des Moines, IA.
- 58. OIPORC (2012).** Organización Iberoamericana de la porcicultura consultada en línea el 04-10-2013 disponible en http://www.oiporc.com/plantilla/images/stories/pdf/estadistica/consumo_mundial_de_carne_de_cerdo_2010.pdf.
- 59. OIPORC (2012).** Organización Iberoamericana de la Porcicultura consultada en línea el 07-10-2013 disponible en, http://www.oiporc.com/plantilla/images/stories/pdf/estadistica/productores_2011.pdf.
- 60. Ozuna C. Puig A. García-Pérez J. Mulet A, Cárcel J. A. (2013).** Influence of high intensity ultrasound application on mass transport, microstructure and textural properties of pork meat (*Longissimus dorsi*) brined at different NaCl.
- 61. Pérez D.D. y Andujar R G. (2000).** Cambios de coloración de los productos cárnicos. *Rev Cubana Aliment Nutr*; 14(2):114-23.
- 62. Price FJ y BS Schweigert. (1994).** Ciencia de la carne y de los productos cárnicos. Editorial Acribia Zaragoza, España.
- 63. Pingret D, Fabiano-Tixier AS, Chemat. F.** Degradation during application of ultrasound in food processing: A review. *Food control* 2013; p 593-606
- 64. Pothakamury, U., Barbosa, G., Swanson, B. (1993).** Magnetic-Field inactivation of microorganisms and generation of biological changes, *Journal Food Technology* pp. 85-93.
- 65. Rao, M.A., Cooley, H.J., Walter, R.H. y Downing, D.L. (1989).** Evaluation of texture of pectin jellies with the Volland Stevens texture analyser. *J. Texture Stud.* (20). pp 87-95.

- 66. Raharintsoa, C., Gaulard, M.L. y Alais C. (1978).** Effect ultrasons cavitans sur la coagulation du lait par les enzymes. *Lait*. (58). pp. 559-574.
- 67. Romero, P. E. (2009)** Efecto de los campos magnéticos o ultrasonido sobre las propiedades de la carne industrial de búfalo (*bubalus bubalis*) y su emulsión Universidad de Pamplona. pp 47.
- 68. Rodwell D. (2003).** Anatomofisiología y metabolismo del musculo esquelético. En bioquímica de Harper. Editorial el manual moderno.
- 69. Sala, S., F. J., Burgos, J., Condon, S., Lopez, P. y Raso, J (1995).** Effect of heat and ultrasound on microorganisms and enzymes. In: Glould, G. W. (Ed), *New Methods of Food Preservation*. Blackie Academic and Professional, London. pp. 176-204.
- 70. Salazar, G. (2006)** Composición química de la carne de cerdo para abasto, en relación al gen del síndrome del gen del porcino. *Tesis doctoral* Universidad de Colima, Tecoman México. pp 3-25.
- 71. Silva, J.R., G. Tomic, E. Cavieres, A. Mansilla, y P. Oviedo. 2005.** Estudio de la incidencia del reposo ante mortem en cerdos y la influencia en el pH, capacidad de retención de agua y color de músculo. *Cien. Inv. Agr.* 32:125-132.
- 72. SIPSA (2013).** Sistema de Información de precios del sector agropecuario consultado en línea 12-10-2013. Disponible en <http://www.dane.gov.co/index.php/agropecuario-alias/sistema-de-informacion-de-precios-sipsa>
- 73. Sotelo LI, Filomena A, Rodriguez J. (2008)** Efecto sobre la extracción de proteína con la aplicación de ultrasonido para la obtención de surimi de Cajaró (*Phractocephalus hemiliopterus*). *Revista Alimentos Hoy*. 1: 85-90.

- 74. Stadnik, J. y Z.J. Dolatowski, (2011)** Influence of sonication on Warner-Bratzler shear force, colour and myoglobin of beef (m. semimembranosus), *European Food Research and Technology*, 233(4), 553-559
- 75. USDA. (2002)** Composition of Foods – Raw, Processed, Prepared. USDA Human Nutrition Information Service. Series 8-5 No. FS/N-003. Enero.
- 76. USDA (2012).** United States Department of Agriculture consultada en línea el 09-10-2013 disponible en:
http://www.fsis.usda.gov/PDF/SP_Pork_from_Farm_to_Table.pdf.
- 77. Waite, W.M. (1988).** Meat microbiology a reassessment. En: *Developments in Meat Science*, Vol. 4, pp. 317-333. Lawrie,R. (Ed.). Elsevier Applied Science, Londres, Inglaterra.
- 78. Wakayama, N.I., Ataka, M. y Abe, H. (1997).** Effect of a magnetic field gradient on the crystallization of hen lysozyme. *Journal of Crystal Growth*. pp 178. 653-656.
- 79. Wardlaw, F. R, McCaskill, L.H., Acton, J.C. (1973).** Effects of post mortem changes on poultry meat loaf properties. *Journal of Food Science*, 38, 421-423. Citado por: Anjaneyulu, A.S, Sharma N, Kondaiah. N (1989). Evaluation of salt, polyphosphates and their blends at different levels on physicochemical properties of buffalo meat and patties, *Meat Science*, 293-306.
- 80. Zamorano, M. (1996).** Qué es y para qué sirve la capacidad de retención de agua de la carne. *La Industria Cárnica Latinoamericana* 102:30.
- 81. Ziauddin, K.S., Mahendrakar, D. N., Rao, B.S., Ramesh, B. L (1994).** Observations on some chemical and physical characteristics of Buffalo meat. *Mea* 37 (1), 103-113.
- 82. Zimmerman, María,** PH de la carne y factores que lo afectan. Aspectos estratégicos para obtener carne ovina de calidad en el cono sur americano, Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos. Tandil, Buenos Aires. AR. 2008. p. 141-153.

ANEXOS

ANEXO 1

<p>Centro de Atención al Sector Agropecuario –CASA-</p> <p>Procedimiento de determinación de % de proteínas. Fo8-9122-01 /08-09 Versión 1</p> <p>Proceso: EJECUCION DE LA FORMACION PROFESIONAL Procedimiento: DESARROLLO CURRICULAR</p>	 MODELO DE MEJORA COTINUA
--	--

> Balanza analítica
 > Equipo digestor büchi K – 435
 > Destilador büchi B – 324
 > Placa con agitación

REACTIVOS Y SOLUCIONES EMPLEADAS

> H₂SO₄ concentrado (95-97%)
 > NaOH 32% (320 gramos / litro)
 > Ácido bórico 2% (20 gramos / litro)
 > Indicador mixto: azul de metileno, rojo de metilo al 1%
 > Tabletas Kjeldahl exentas de selenio y mercurio.
 > Acido al 0.1 N

PROCEDIMIENTO

Digestión de la muestra

a) Pesar una muestra entre 0.5 y 0.6 gramos según el caso

b) Colocar la muestra en un tubo de digestión y añadir una tableta catalizadora Kjeldahl y 15 ml de H₂SO₄ concentrado

c) Colocar el tubo en el digestor Kjeldahl y calentar hasta que la solución se torne de un color verde transparente, durante más o menos media hora. Dejar enfriar.

Destilación de la muestra

d) Colocar el tubo con la muestra en el porta tubos del destilador. En la salida del condensador del destilador colocar un Erlenmeyer de 250 ml con gotas de indicador mixto

e) Destilar con vapor y recoger en la solución de Acido Bórico hasta volumen de 200ml (la solución toma de color verde)

Valoración

f) valorar el destilado con acido 0.1N hasta que el color pase de verde a violeta y calcular el porcentaje de nitrógeno según la fórmula.

$$\% \text{ Nitrógeno} = \frac{V_{\text{acido}} \times N_{\text{acido}} \times 14}{1000} \times \frac{100\%}{\text{Peso de la muestra (g)}}$$

V_{acido}: Volumen (mL) de ácido 0.1N gastado en la valoración
 N_{acido}: Normalidad (Eq/L) del ácido usado para valorar.
 14: 14 g N/1 Eq
 1000: 1L/1000mL

Calcular el porcentaje de proteína utilizando la siguiente fórmula.

$$\% \text{ Proteína} = \% \text{ Nitrógeno} \times F$$

Donde:

F: 5.27 cereales
 6.25 cárnicos
 6.38 leches

REFERENCIA

Método Kjeldahl – Gunning – Arnold adaptado Griffin 1995.

ANEXO 2

DETERMINACION DE GRASA EN CARNES

FUNDAMENTO: Una cantidad previamente homogeneizada y seca, medida o pesada del alimento se somete a una extracción con éter de petróleo o éter etílico, libre de peróxidos o mezcla de ambos. Posteriormente, se realiza la extracción total de la materia grasa libre por soxhlet.

REFERENCIAS Official Methods of Analysis A.O.A.C. 15th Edition,.(1994) Ediciones Mundi-prensa Madrid España. (norma iso 1443) pg 33-34.

- MATERIAL Y EQUIPO

- Sistema extractor Soxhlet (JP SELECTA)
- Balanza analítica
- Papel filtro o dedal de celulosa
- Estufa de aire 103 + 2°C
- desecador
- Material usual de laboratorio

- REACTIVOS.- Eter etílico

PROCEDIMIENTO

8.1.- Preparación de la muestra: En muestras con mucha humedad homogeneizar y secar a 103+ °C en estufa de aire considerando el tipo de muestra.

8.1.1.- Moler y pasar por tamiz de malla de 1 mm

8.1.2.- Pesar en duplicado 2 a 5 gramos de muestra preparada en el dedal de extracción o papel filtro previamente pesado y tapado con algodón desgrasado. Registrar m

8.1.3.- Secar el matraz de extracción por 30 min a 103+ 2°C.

Método Soxhlet PRT-701-02-031 Rev N° 2 Página 2 de 2 8.1.4.-

Pesar los vasos de aluminio para equipo soxhlet JP SELECTA, previamente secados en estufa a 105°C y Registrar m1 .

- Poner el vaso de aluminio de extracción en el sistema soxhlet el dedal en el tubo de extracción y adicionar el solvente al vaso.

- Extraer la muestra con el solvente

- Una vez terminada la extracción recuperar el solvente hasta que no se detecte olor a éter.

.-Secar el vaso con la grasa en estufa a 103+ 2°C por 10 min, enfriar en desecador y pesar. Registrar m2.

CÁLCULO Y EXPRESION DE RESULTADOS

% grasa cruda = $m2 - m1 / pm \times 100$

Donde:

m1: tara del vaso aluminio solo en gramos

m2: peso vaso de aluminio con grasa. En gramos

Pm: peso de la muestra.

ANEXO 3

DETERMINACION DE HUMEDAD

FUNDAMENTO

El método se basa en la determinación gravimétrica de la pérdida de masa, de la muestra desecada hasta masa constante en estufa de aire..-

REFERENCIAS

Instituto Nacional de Normalización ISO R 1442. Official Methods of Analysis. A.O.A.C. 15th Edition 1994- Editorial Mundi-prensa SA. Madrid España pag 34,35.

MATERIAL Y EQUIPO

- Balanza analítica, sensibilidad 0.1 mg
- Cápsulas de porcelana con tapa
- Desecador con deshidratante adecuado
- Estufa regulada a 103 ± 2 °C
- pinzas
- arena

PROCEDIMIENTO

- Efectuar el análisis en duplicado
- Colocar la cápsula destapada con mas o menos 1 gramo de arena lavada y la tapa durante al menos 1 hora en la estufa a 105° c de temperatura.
- Empleando pinzas, trasladar la cápsula tapada al desecador y dejar enfriar durante 30 a 45 min. Pesar la cápsula con tapa con una aproximación de 0.1 mg. Registrar (m_1).
- Pesar entre 3 y 5 g de muestra previamente homogeneizada. Registrar (m_2).
- Colocar la muestra con cápsula destapada y la tapa en la estufa a la temperatura y tiempo recomendado 105° C x 5 horas.
- Tapar la cápsula con la muestra, sacarla de la estufa, enfriar en desecador durante 30 a 45 min.
- Repetir el procedimiento de secado por una hora adicional, hasta que las variaciones entre dos pesadas sucesivas no excedan de 5 mg (m_3).

CALCULO Y EXPRESIÓN DE RESULTADOS

La humedad del producto expresada en porcentaje, es igual a:

$$\% \text{ Humedad} = \frac{m_1 + m_2 - m_3}{m_2} \times 100$$

donde:

m1 : masa de la cápsula con la arena en gramos + muestra húmeda

m2 : peso de la muestra en gramos.

m3: masa de la cápsula con la muestra desecada, en gramos

ANEXO 4.

1 de 3



UNIVERSIDAD DE PAMPLONA

Una Universidad incluyente y comprometida con el desarrollo integral

UNIVERSIDAD DE PAMPLONA
COORDINACION ADMINISTRATIVA DE LABORATORIOS
LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD Y DIAGNOSTICO



Solicitante: José Manuel Vera Cédula: 88030119 Teléfono: 3214053702 Objeto del servicio: Análisis Microbiológico de 24 muestras de Carne de Cerdo Muestra tomada por: El solicitante Fecha Recepción muestras: 09-10-2015 Fecha Entrega Resultados: 26-10-2015 Código Interno: ALO1033- ALO1034- ALO1035- ALO1036-ALO1037-ALO1038- ALO1039- ALO1040- ALO1041- ALO1042- ALO1043- ALO1044- ALO1045-ALO1046- ALO1047- ALO1048- ALO1049- ALO1050- ALO1051- ALO1052- ALO1053- ALO1054- ALO1055- ALO1056.

RECuento AEROBIOS MESOFILOS MUESTRAS DE CARNE DE CERDO

MUESTRA	10/10/15	13/10/15	16/10/15	19/10/15	22/10/15
1	70*10 ³ UFC/g	17*10 ³ UFC/g	23*10 ³ UFC/g	80*10 ³ UFC/g	98*10 ³ UFC/g
2	61*10 ³ UFC/g	21*10 ³ UFC/g	21*10 ³ UFC/g	120*10 ³ UFC/g	134*10 ³ UFC/g
3	104*10 ³ UFC/g	38*10 ³ UFC/g	42*10 ³ UFC/g	110*10 ³ UFC/g	118*10 ³ UFC/g
4	66*10 ³ UFC/g	46*10 ³ UFC/g	51*10 ³ UFC/g	96*10 ³ UFC/g	106*10 ³ UFC/g
5	61*10 ³ UFC/g	47*10 ³ UFC/g	53*10 ³ UFC/g	120*10 ³ UFC/g	144*10 ³ UFC/g
6	61*10 ³ UFC/g	66*10 ³ UFC/g	65*10 ³ UFC/g	142*10 ³ UFC/g	156*10 ³ UFC/g
7	126*10 ³ UFC/g	90*10 ³ UFC/g	108*10 ³ UFC/g	156*10 ³ UFC/g	188*10 ³ UFC/g
8	129*10 ³ UFC/g	110*10 ³ UFC/g	100*10 ³ UFC/g	142*10 ³ UFC/g	166*10 ³ UFC/g
9	115*10 ³ UFC/g	115*10 ³ UFC/g	105*10 ³ UFC/g	188*10 ³ UFC/g	190*10 ³ UFC/g
10	99*10 ³ UFC/g	75*10 ³ UFC/g	83*10 ³ UFC/g	115*10 ³ UFC/g	154*10 ³ UFC/g
11	83*10 ³ UFC/g	32*10 ³ UFC/g	42*10 ³ UFC/g	172*10 ³ UFC/g	188*10 ³ UFC/g

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750 - www.unipamplona.edu.co



12	70*10 ³ UFC/g	45*10 ³ UFC/g	56*10 ³ UFC/g	104*10 ³ UFC/g	166*10 ³ UFC/g
13	106*10 ³ UFC/g	75*10 ³ UFC/g	90*10 ³ UFC/g	138*10 ³ UFC/g	178*10 ³ UFC/g
14	117*10 ³ UFC/g	90*10 ³ UFC/g	106*10 ³ UFC/g	188*10 ³ UFC/g	220*10 ³ UFC/g
15	128*10 ³ UFC/g	65*10 ³ UFC/g	82*10 ³ UFC/g	136*10 ³ UFC/g	208*10 ³ UFC/g
16	188*10 ³ UFC/g	52*10 ³ UFC/g	64*10 ³ UFC/g	180*10 ³ UFC/g	202*10 ³ UFC/g
17	181*10 ³ UFC/g	45*10 ³ UFC/g	48*10 ³ UFC/g	124*10 ³ UFC/g	188*10 ³ UFC/g
18	89*10 ³ UFC/g	60*10 ³ UFC/g	64*10 ³ UFC/g	104*10 ³ UFC/g	164*10 ³ UFC/g
19	39*10 ³ UFC/g	10*10 ³ UFC/g	29*10 ³ UFC/g	88*10 ³ UFC/g	148*10 ³ UFC/g
20	49*10 ³ UFC/g	8*10 ³ UFC/g	15*10 ³ UFC/g	40*10 ³ UFC/g	152*10 ³ UFC/g
21	65*10 ³ UFC/g	No crecimiento	12*10 ³ UFC/g	65*10 ³ UFC/g	134*10 ³ UFC/g
22	45*10 ³ UFC/g	No crecimiento	No crecimiento	80*10 ³ UFC/g	96*10 ³ UFC/g
23	60*10 ³ UFC/g	No crecimiento	No crecimiento	92*10 ³ UFC/g	108*10 ³ UFC/g
24	46*10 ³ UFC/g	No crecimiento	No crecimiento	86*10 ³ UFC/g	102*10 ³ UFC/g

ANALISTA MICROBIOLOGA: SANDRA MILENA SANDOVAL R.

ASESOR CIENTIFICO:

Universidad de Pamplona
 Pamplona - Norte de Santander - Colombia
 Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750 - www.unipamplona.edu.co

ANEXO 5



**SERVICIOS INTEGRADOS
PARA LA INDUSTRIA DEL AGRO,
MINERO-ENERGETICA Y
EL MEDIO AMBIENTE**
NIT: 804.016.152-8



REPORTE DE RESULTADOS

Ciudad y Fecha de emisión: Bucaramanga, 16 de Octubre de 2015	No. 090862
Solicitante: JOSE MANUEL VERA ROMERO	Tipo de muestra: Alimento
Dirección: Calle 20 # 14 – 50 Apartamento 304 – Floridablanca	Identificación: CARNE DE CERDO DE RAZA PIETRAN
Teléfono: 6052531	Descripción: Materia Prima
Lugar de muestreo: BUCARAMANGA – FRIGORIFICO VIJAGUAL	Responsable de muestreo: Solicitante
Fecha de muestreo: 4 de Octubre de 2015	Procedimiento de muestreo: Solicitante
Fecha de recepción: 13 de Octubre de 2015	Tamaño de la muestra: 100 g.
Fecha de análisis: 13 – 15 de Octubre de 2015	Envase o empaque: Plástico
Análisis solicitado: Microbiológico	Lote: N.A.
Condiciones de la muestra: Adecuada	

ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO

ANÁLISIS	MÉTODO	RESULTADOS	VALORES DE REFERENCIA
<i>Listeria monocytogenes</i>	NTC 4666	Ausencia	

Los resultados son válidos para la muestra analizada. No se pueden reproducir sin la previa autorización de SIAMA.

Yesenia Duarte

Revisó: YESENIA DUARTE CAICEDO
MICROBIÓLOGA REG.45587 FOLIO 125

SANDRA PINZÓN

Elaboró: SANDRA PINZON RUEDA
DIRECTOR MICROBIOLOGIA
MICROBIÓLOGA REG. 47708 FOLIO 177

Código: R – 051 Versión: 0.1 Fecha: 22/05/09 Página: 1 de 1