



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO**

FACULTAD DE QUÍMICA

**SITUACIÓN DE RASTROS MUNICIPALES:
ALTERNATIVAS PARA IMPLEMENTAR
UN SISTEMA PARA GARANTIZAR LA
CALIDAD E INOCUIDAD DE LA CARNE.**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

QUÍMICA DE ALIMENTOS

PRESENTA

JUANA VILLADA MARTÍNEZ



MÉXICO, D.F. AGOSTO DE 2013



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

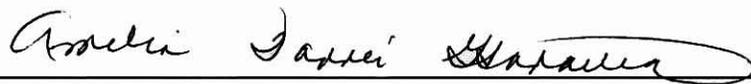
JURADO ASIGNADO:

PRESIDENTE: Profesor: Agustín Reyo Herrera.
VOCAL: Profesor: AMELIA MA. DE GUADALUPE FARRÉS GONZÁLEZ-SARAVIA.
SECRETARIO: Profesor: Aleida Mina Cetina.
1er. SUPLENTE: Profesor: Verónica Hernández Briones.
2° SUPLENTE: Profesor: Verónica García Saturnino

SITIO DONDE SE DESARROLLÓ EL TEMA:

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO. FACULTAD DE QUÍMICA. DEPARTAMENTO DE ALIMENTOS Y BIOTECNOLOGÍA. LABL-312

ASESOR DEL TEMA:



DRA. AMELIA MA. DE GUADALUPE FARRÉS GONZÁLEZ-SARAVIA

SUSTENTANTE:

JUANA VILLADA MARTÍNEZ

INDICE

Resumen
Introducción
Justificación
Objetivos
Metodología

i
ii
iii
iv
v

CAPÍTULO 1 Cadena productiva de la carne en México, características de los sistemas de explotación y transformación industrial.

1.1 Definición de cadena productiva	1
1.2 Producción primaria	1
1.2.1 Ganadería extensiva	2
1.2.2 Ganadería intensiva	3
1.2.3 Ganadería de autoconsumo	5
1.3 Transformación industrial de la producción (Rastros)	6
1.3.1 Rastros municipales	7
1.3.2 Rastros TIF	8
1.3.3 Rastros Privados	9
1.4 Comercialización	9
1.5 Producción de carne en México	10

CAPÍTULO 2 Parámetros de calidad de la carne.

2.1 Definición de carne	13
2.2 Composición del músculo esquelético	13
2.2.1 Fibra muscular estructura interna	13

2.2.2	Proteínas del músculo esquelético	16
2.2.2.1	Proteínas miofibrilares	16
2.2.2.2	Proteínas sarcoplásmicas	16
2.2.2.3	Proteínas del estroma	18
2.3	Agua	18
2.3.1	Agua Ligada	18
2.3.2	Agua inmóvil	18
2.3.3	Agua libre	18
2.4	Carbohidratos	19
2.4.1	Glucógeno	19
2.5	Lípidos	19
2.6	Conversión del músculo a carne.	20
2.7	Maduración de la carne	21
2.8	Parámetros de calidad de la carne	21
2.8.1	Color	23
2.8.2	Suavidad	24
2.8.3	Aroma	24
2.8.4	Sabor	25
2.8.5	Jugosidad	25
2.8.6	Marmoleo	26
2.8.7	Importancia de la carne en la nutrición humana	26
2.8.8	pH	27

CAPÍTULO 3 Factores involucrados en la disminución de calidad e inocuidad.

3.1 Manejo <i>antemortem</i>	28
3.1.1 Estancia en la granja	29
3.1.2 Carga y descarga de los animales	31
3.1.3 Transporte	33
3.1.4 Inspección <i>antemortem</i>	37
3.1.5 Lugares de sacrificio de animales de abasto	39
3.1.5.1 De su ubicación e instalación.	40
3.1.5.2 Áreas sucias	41
3.1.5.3 Áreas limpias	43
3.2 Sacrificio y faenado.	46
3.2.1 Insensibilización	46
3.2.2 Desangrado	47
3.2.3 Cuereado o Despielado	49
3.2.4 Depilado	51
3.2.5 Evisceración	52
3.3.6 Lavado de canales	54
3.3 Inspección postmortem.	55
3.4 Refrigeración.	56
3.5 Almacenamiento y Maduración.	59
3.6 Distribución y Comercialización de la carne.	62
3.7 Contaminación de productos cárnicos.	64

CAPITULO 4 Empleo de cultivos iniciadores y su efecto bioconservador en la carne.

4.1 Definición de Cultivos iniciadores (Starter).	69
4.2 Bioconservación	69
4.3 Aplicación de la bioconservación en la industria cárnica.	69
4.4 Beneficios de adición de cultivos iniciadores.	72
4.4.1 Disminución del tiempo de maduración	72
4.4.2 Mejora en la inocuidad	73
4.4.3 Producción de ácidos orgánicos	74
4.4.4 Disminución del pH.	74
4.4.5 Producción de bacteriocinas.	75
4.4.6 Disminución de aminas biogénicas	76
4.4.7 Desarrollo de características sensoriales del producto	77
4.4.7.1 Formación del color.	77
4.4.7.2 Acentuación del sabor	78
4.4.7.3 Proteólisis	78
4.4.7.4 Formación de aroma.	79
4.5 Características de un buen cultivo iniciador.	79
4.6 Microorganismos utilizados como cultivos iniciadores.	80
4.6.1 Bacterias ácido lácticas.	80
4.6.2 <i>Lactobacillus sakei</i> .	82

4.6.3 Lactobacillus plantarum.	82
4.6.4 <i>Staphylococcus</i> coagulasa negativa.	82
4.6.5 <i>Staphylococcus xylosus</i>	83
4.6.6 <i>Pediococcus</i>	83
4.6.7 Hongos y levaduras	83
4.7 Enzimas	83
4.8 Mezclas de microorganismos	86
CAPÍTULO 5 Sistemas de Gestión de la Calidad.	
5.1 Sistemas de Gestión de la calidad.	87
5.1.1 Buenas prácticas de manufactura.	87
5.1.2 Sistema HACCP.	88
5.1.3 Definición de Trazabilidad	90
5.1.4 Sistema TIF	90
5.2 Beneficios de implementar el sistema TIF.	91
5.2.1 Inocuidad	91
5.2.2 Trazabilidad	91
5.2.3 Mejoras económicas	92
5.2.4 Competitividad	92
5.2.5 Capacitación constante	92

CAPÍTULO 6 Observaciones generales realizadas en campo a lo largo
de la cadena productiva.

6.1 Transporte	94
6.2 Recepción	95
6.3 Instalaciones y personal	96
6.4 Proceso de sacrificio	97
6.5 Temperatura de transporte de distribución	98
6.6 Comercialización	99
CONCLUSIONES	102
BIBLIOGRAFÍA	104
Apéndice 1. Estadísticas de producción	116
Apéndice 2. Sacrificio de animales en rastro TIF	118
Apéndice 3. Convocatorias apoyos TIF.	119

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla Número	PAGINA
1. Desventajas de los diferentes tipos de producción, repercusión en la calidad e inocuidad de la carne.	6
2. Diferencias de operación entre los diferentes tipos de rastro.	10
3. Principales ácidos grasos en algunas especies animales.	19

4. Factores que reducen la calidad e inocuidad de la carne durante el transporte.	34
5. Deficiencias de los establecimientos dedicados a la matanza.	44
6. Defectos producidos por las bacterias en las carnes.	57
7. Géneros de bacterias encontradas comúnmente en carnes y aves de corral.	59
8. Tiempo de duración de la carne en almacén	62
9. Géneros de microorganismos encontrados en productos cárnicos	66
10. Algunas bacteriocinas producidas por microorganismos.	75
11. Algunos de los microorganismos empleados como cultivos iniciadores	81
12. Ejemplos de enzimas purificadas, aisladas de microorganismos usadas como cultivos iniciadores, en productos cárnicos fermentados.	84-85

INDICE DE FIGURAS

Figura número	PAGINA
Fig.1 Tipo y número de rastros que operan en cada Estado del país.	7
Fig. 2 Porcentaje de cabezas sacrificadas de ganado bovino.	8
Fig. 3 Porcentaje de cabezas sacrificadas de ganado porcino.	8
Fig.4. Logotipo oficial del sistema TIF	8
Fig.5. Producción anual de carne en canal de pollo, bovino y porcino.	11
Fig.6. Producción de carne en canal de porcino.	12
Fig.7. Producción de carne en canal de bovino.	12
Fig.8. Micrografía que muestra el abastecimiento nervioso a las fibras musculares	14

Fig.9 Esquema de los principales componentes de la miofibrilla.	15
Fig. 10. Micrografía electrónica de una sección longitudinal de músculo estriado.	15
Fig.11. Combinación de una micrografía electrónica con un esquema de las proteínas miofibrilares del músculo, mostrando los componentes del sarcómero.	17
Fig. 12. Diagrama de los principales cambios <i>postmortem</i> .	22
Fig.13. Química de la mioglobina en la superficie de la carne	23
Fig.14 Curva de acidificación de los tres tipos de calidad de la carne.	37
Fig. 15. Zonas de aplicación del insensibilizado.	46
Fig.16 Cronología de aplicación de los cultivos iniciadores.	68
Fig 17. Evolución de la población microbiana, durante la maduración de embutidos fermentados de la región de <i>Campania (valle de Diano)</i> con y sin cultivos iniciadores.	73
Fig. 18 Cambios de pH durante la maduración del <i>Salame nostrano</i> .	74
Fig.19. Efecto de la adición del cultivo iniciador sobre la producción de aminos biogénicas.	77
Fig. 20. Ciclo del nitrógeno.	78
Fig. 21. Secuencia para la aplicación del HACCP.	89
Fig.22. Diagrama de investigación y reducción de riesgos	90
Fig. 23. Distribución de la población pecuaria: regiones del país.	116
Fig. 24. Producción anual de carne en canal.	116
Fig.25. Producción de carne en canal de guajolote, caprino y ovino	116
Fig. 26 Distribución porcentual de producción de carne de porcino en el país	116
Fig. 27 Distribución porcentual de producción de carne de bovino en el país	116

INDICE DE FOTOGRAFIAS.

Fotografía número	PAGINA
Foto 1. Reses criados en ganadería extensiva.	2
Foto 2. Reses alimentadas en ganadería intensiva.	3
Foto 3 Ganadería intensiva de cerdos	4
Foto 4. Corrales rústicos para resguardo de animales.	5
Foto 5. Cerdos alimentados con desperdicio de cocina.	5
Foto 6. Comercialización de la carne.	10
Foto 7. Músculo de res que muestra tejido vascular, nervioso y conectivo.	14
Foto 8. Corte transversal de músculo de res	15
Foto 9. Carne de res que muestra marmoleo.	25
Foto 10. Clasificación según cantidad de marmoleo	26
Foto 11 Operarios midiendo el pH a canales de res.	27
Foto 12. Malas prácticas del manejo de animales <i>antemortem</i>	29
Foto 13 Reses susceptibles de contaminación.	29
Foto 14. Reses y vacas contaminadas con agua, orina y forraje.	30
Foto 15. Trabajador golpeando cerdos para que avancen.	31
Foto 16. Consecuencias en las canales por golpes.	32
Foto 17. Rampa de desembarque de ganado.	33
Foto 18. Malas condiciones de transporte de ganado.	35
Foto 19. Consecuencias del estrés del transporte.	36
Foto 20. Reses reposando en corrales del rastro.	39

Foto 21. Instalaciones de rastros frigoríficos TIF.	39
Foto 22. Obrador TIF junto a un canal de aguas negras.	40
Foto 23. Áreas del rastros.	41
Foto 24. Áreas sucias.	42
Foto 25. Áreas limpias	43
Foto 26. Instalaciones deficientes de rastros.	45
Foto 27. Herramientas e instalaciones sucias.	45
Foto 28. Reses en cajón de insensibilizado.	47
Foto 29. Proceso de sangría de reses y cerdos.	48
Foto 30. Proceso de despielado.	50
Foto 31. Contaminación de equipo de escaldado y depilado.	51
Foto 32. Proceso correcto de evisceración de reses.	53
Foto 33. Lavado de canales.	54
Foto 34. Inspección <i>postmortem</i> .	55
Foto 35. Refrigeración y corte de canales.	56
Foto 36. Desviaciones de temperatura en el almacenamiento de carne.	58
Foto 37. Empacado de carne al vacío.	60
Foto 38. Marca cárnica de exportación.	60
Foto 39. Venta de carne en el puerto de Acapulco.	62
Foto 40. Desviaciones de temperatura en el transporte de carne.	63
Foto 41. Carne descompuesta	64
Foto 42. Factores de contaminación de productos cárnicos.	64
Foto 43. Descontaminación de canales con ácido láctico.	71

Foto 44. Desviaciones sanitarias en los lugares de matanza	96
Foto 45 Desviaciones de temperatura en la comercialización de la carne.	101

RESUMEN

La producción de carnes en nuestro país ha mostrado un importante desarrollo tecnológico que se traduce en el aumento de la disponibilidad de este alimento. Según las estadísticas del Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP), la actividad pecuaria nacional se incrementó el 8.2 %, de 2007 a 2011, al pasar de 5,44 a 5,89 millones de toneladas de carne en canal. El aumento de producción, no ha estado a la par de la mejora de la calidad. Este trabajo se enfoca en la revisión de la cadena productiva: los métodos de explotación del ganado, las diferencias entre los sistemas productivos, las prácticas en la obtención de la carne y su influencia en el producto final. Se identifican los puntos importantes a los que se tiene que poner atención y la normativa competente, para ofrecer un producto de calidad. A partir de las observaciones, se proponen iniciativas como posibles soluciones en el mejoramiento de la producción y el aseguramiento de la inocuidad. Estas consisten en la implementación de sistemas de calidad (BPP, HACCP, sistema TIF) y la adición de cultivos starter.

Las observaciones realizadas permitieron identificar que en la línea de matanza se presentan situaciones de las que depende, en gran parte, la carga microbiana inicial de la carne, frecuentemente, que se asocia con enfermedades de transmisión alimentaria. Otro aspecto a resaltar es la evidente falta de capacitación de los trabajadores de los rastros. Esto coincide con que la Comisión Federal para la protección contra riesgos sanitarios (COFEPRIS) admite que menos de la mitad de los responsables de los rastros municipales han sido capacitados.

La propuesta tecnológica que se plantea en este trabajo es la de la utilización de técnicas de bioconservación. Se realiza una breve descripción sobre los beneficios que aportan a los productos cárnicos cuando son adicionados a la mezcla inicial.

INTRODUCCION

De acuerdo con datos del INEGI, la carne ocupa un porcentaje importante del gasto que los mexicanos destinan a su alimentación. De los 2,090 pesos mensuales que, en promedio, cada hogar gasta en los alimentos, 22.2% se destinan a la compra de carne. Los consumidores demandan una mayor calidad en carne y sus productos, obligando a la industria cárnica a proponer tecnologías y procesos mínimos, que garanticen su inocuidad y la conservación de cualidades nutritivas y sensoriales. Entre ellas están la maduración y la bioconservación de los productos cárnicos, que se han empleado desde tiempos remotos, pero que ofrecen nuevas alternativas tras los descubrimientos científicos recientes.

La obtención de un producto cárnico de alta calidad requiere del conocimiento de los factores involucrados en el proceso de obtención, maduración y comercialización de la carne, debido a ciertas condiciones favorecen la contaminación de la carne o sus productos por microorganismos. El conocer las medidas pertinentes para reducir cargas microbianas puede contribuir a mejorar la producción. Una de estas medidas es la implementación de un sistema de calidad, regido por normas estrictas de sanidad, contribuyendo a la calidad de un producto final. De esta manera se obtiene una materia prima con baja cuenta microbiana. Otra estrategia consistiría en la adición de cultivos que inhiban el crecimiento de microorganismos patógenos y de los deterioradores, permitiendo que la calidad sanitaria de los cortes permanezca invariable en ciertos límites. Si además el producto cárnico se fermenta, como en el caso de algunos embutidos, los iniciadores (*starters*), se logran beneficios como el acortamiento del tiempo de maduración, la disminución de mermas, generación de características sensoriales sin la adición de conservadores químicos y obtención de productos inocuos.

Lograr estas mejoras requiere de fortalecer la participación de los sectores involucrados, quienes se deben alinear a las estrategias nacionales de desarrollo social y económicos. Los resultados se traducirán en el mejor posicionamiento de los productos, tanto en el mercado nacional, como en el extranjero.

JUSTIFICACIÓN

La industrialización de la carne en México presenta problemas de calidad e inocuidad, derivados de la falta de integración de la cadena productiva y de la manera en la que se trabaja en los distintos sectores involucrados en la obtención y comercialización de la misma. En diversos trabajos se han dado a la tarea de investigar para mejorar la calidad, enfocándose un solo factor, destacando la genética y el transporte a los lugares de matanza. Por tal motivo en éste trabajo se abarcan todos los sectores participantes en la producción de la carne, se describen desde la estancia en la granja hasta su comercialización y se hace hincapié en las prácticas realizadas en los rastros y las consecuencias sobre la calidad y la inocuidad. Este último punto es el que ha adoptado el Gobierno Federal Mexicano, en la convocatoria emitida por el Fideicomiso de Riesgo Compartido (FIRCO) a las personas físicas y morales que se dedican a actividades de producción pecuaria y centros de sacrificio de administración municipal para mejorar el manejo de productos cárnicos, de los rastros, obradores y empacadoras Tipo Inspección Federal (TIF). Se invita a mejorar o sustituir las instalaciones de los centros de sacrificio de administración municipal para que se incorporen al modelo Tipo Inspección Federal, mediante el apoyo complementario en infraestructura y/o equipamiento (Apéndice 3). En este trabajo pretende ilustrar los beneficios que traería para el consumidor el que los rastros municipales implementaran este sistema y para los productores las ventajas de la adopción e implementación de un proceso de aseguramiento de la calidad en productos cárnicos.

OBJETIVOS

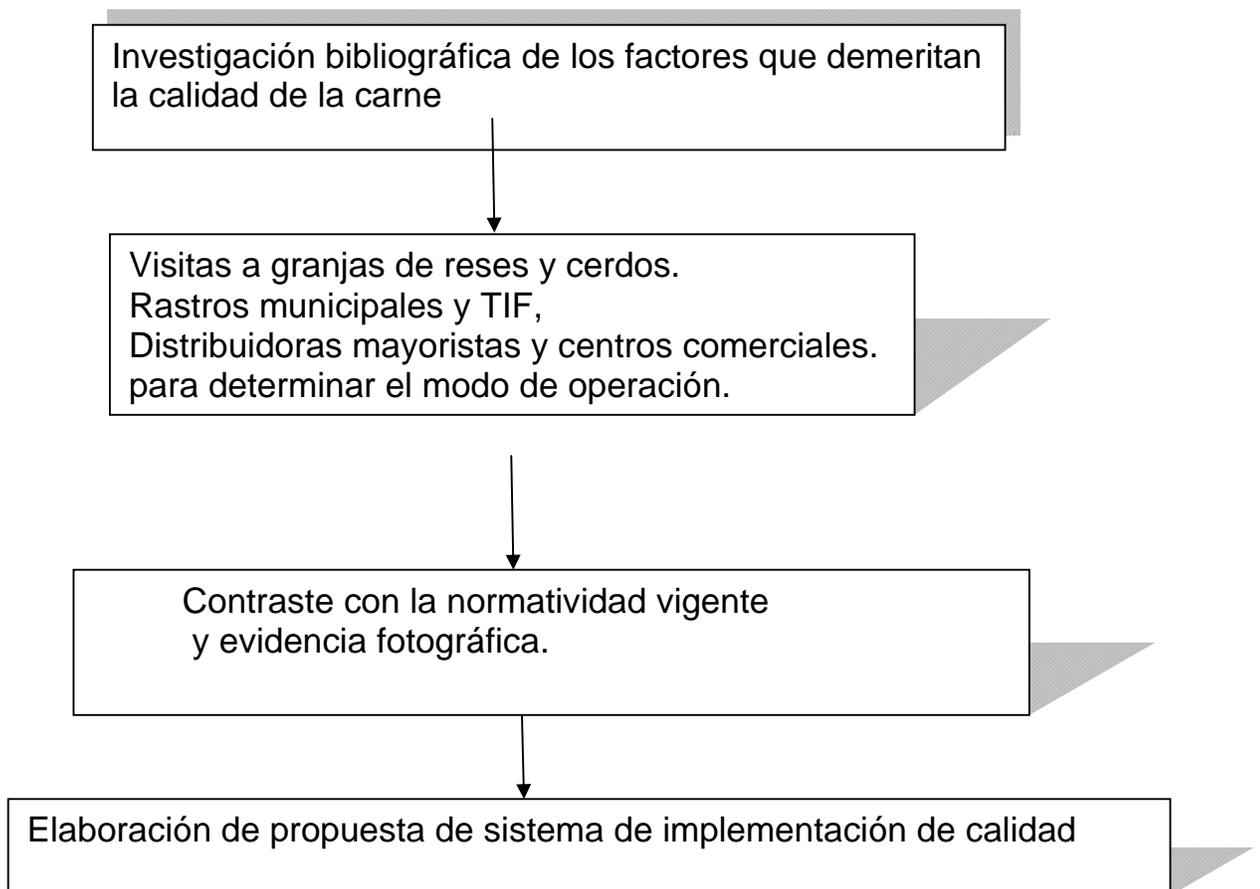
Objetivos Generales

- Presentar las prácticas inadecuadas en la cadena productora de carne y su repercusión en la calidad y la inocuidad de la carne.
- Proponer un proceso de obtención de productos cárnicos que garantice la actividad microbiana positiva e impida el crecimiento de patógenos y deterioradores

Objetivos específicos

- Definir el concepto de calidad en carne (músculo, factores pre mortem, post mortem, microbiología)
- Conocer los sistemas de producción de la industria cárnica.
Identificar la concordancia de los mismos con la normatividad vigente para señalar las fuentes de contaminación de microorganismos
- Señalar los puntos de mejora para implementar un sistema de calidad en rastros municipales.
- Evaluar la pertinencia de la adición de cultivos lácticos como mecanismo para favorecer la calidad de productos cárnicos

METODOLOGÍA



CAPÍTULO 1

Cadena Productiva de la carne en México, características de los sistemas de explotación y transformación industrial.

Capítulo 1

Cadena productiva de la carne en México. Características de los sistemas de explotación.

1.1 DEFINICION DE CADENA PRODUCTIVA

Una cadena productiva está formada por todas aquellas partes involucradas de manera directa o indirecta en la satisfacción de la solicitud de un cliente. No incluye solamente al fabricante y al proveedor, sino también a los transportistas, almacenistas, vendedores al menudeo e incluso a los mismos clientes. Es decir, abarca a todos los actores que hacen posible el ofertar y poner a disposición un bien o servicio a un consumidor final (Arroyo-Sánchez, 2010).

La cadena productiva de carne en México está compuesta de los siguientes sectores:

- a) Producción primaria
- b) Transformación o industrialización
- c) Comercialización (SIAP 2013).

1.2 PRODUCCIÓN PRIMARIA

La producción de carne en México se desarrolla en condiciones muy heterogéneas desde el punto de vista tecnológico, socioeconómico y geográfico. La variabilidad de condiciones climatológicas define la crianza del ganado; las especies y razas criadas varían dependiendo de la región ecológica del país (Apéndice I). De la extensión del territorio nacional, aproximadamente el 25% es árido, el 20% semiárido, el 23% es templado, el 15% es trópico seco y el 12% trópico húmedo. Lo que permite tener distintas vías de explotación, que se basan en tres tipos de producción ganadera, extensiva, intensiva y de traspatio o de autoconsumo. Ello implica que los procedimientos productivos van desde lo tecnificado hasta lo rústico en una misma región. (SAGARPA 2013). La producción pecuaria nacional se incrementó el 8.2 % de 2007 a 2011, al pasar de 7,77 a 8,418 millones de toneladas de ganado en pie, datos de

la SIAP. De esta producción se exporta un porcentaje importante; en el año 2011 se exportó alrededor de 1.4 millones de becerros a los Estados Unidos, alcanzando un valor superior a los 600 millones de dólares (Secretaría de Economía).

1.2.1 Ganadería extensiva

La ganadería extensiva se realiza en terrenos extensos (Foto 1) y en algunos terrenos es importante considerar el cultivo de pastizales o utilizar áreas naturales tal y como están para permitir que el ganado se alimente de lo que allí se encuentra. Predomina en Veracruz, Tabasco, Campeche y Quintana Roo (INEGI, 2013). La cría y explotación de ganado vacuno en México mantiene su base en la ganadería pastoril, como sistema dominante e históricamente tradicional. La nutrición del ganado se realiza en pastizales nativos o agostaderos naturales, y los recursos existentes en ellos, cuya disponibilidad durante el año mantiene una relación directa y excesivamente dependiente de las condiciones climatológicas estacionales, significándose esto último, como una restricción en las posibles cargas animales por hectárea y la calidad del producto deseado. En realidad la gran mayoría del ganado comienza su vida en el campo, pero para aumentar su peso antes del sacrificio, estos pasan sus últimas semanas en lotes de ceba, hacinados, donde reciben una dieta poco natural a base de granos. Debido a las condiciones de hacinamiento poco sanitarias, generalmente llegan al matadero cubiertas de heces (Cox 2007).



Foto 1 Reses criados en ganadería extensiva (Foto Josue Díaz)

1.2.2 Ganadería intensiva

En la ganadería intensiva los animales reciben alimento procesado en establos (Foto 2), donde se aplica tecnología para tener mayor producción. Predomina en Sonora, Sinaloa y Chihuahua. (INEGI, 2013). De acuerdo con datos de la SAGARPA, este sistema se origina por aspectos económicos, como alternativa de desarrollo, para satisfacer las crecientes necesidades del país, tanto en su mercado interno como externo. Es altamente productivo con capacidad de innovación tecnológica, por lo regular agrupa a grandes empresas y productores, este sector es el más favorecido con apoyos económicos. Generalmente los animales producidos en este sistema van a los mercados de las grandes ciudades como el Distrito Federal y Guadalajara, a través de supermercados.



Foto 2 Reses alimentados en ganadería intensiva (Foto Josue Díaz)

El Gobierno Federal promueve este tipo de ganadería por sus implicaciones económicas, y por ello realiza acciones como la entrega anticipada de 141 millones de pesos del Programa de Producción Pecuaria Sustentable y Ordenamiento Ganadero y

Apícola (Progan) 2013 al estado de Sonora, como parte de un plan estratégico para reactivar la capacidad productiva del sector pecuario en la entidad.

Existen más controles sanitarios y vigilancia médico veterinaria de los animales, así como, aplicación de vacunas y antiparasitarios. Las instalaciones son de fácil limpieza y con mejor control de fauna nociva (Foto 3). Su sistema de alimentación es enriquecido, donde los principales insumos están constituidos por granos y ensilaje de forrajes de corte, esquilmos agrícolas y subproductos industriales. Las repercusiones a la calidad de la carne en este sistema de explotación están dadas por factores que estresan a los animales, tales como, densidades de almacenamiento muy altas y/o confinamiento, que reducen sus movimientos y manejo continuo por parte de los trabajadores (Rosmini 2006).

Los problemas de inocuidad que presenta este tipo de explotación son de tipo químico y toxicológico, ya que frecuentemente se le suministran hormonas que se adicionan para favorecer su crecimiento, garantizar la reproducción, así como por la presencia de residuos de antibióticos para prevenir mastitis y otras infecciones, o restos de plaguicidas y herbicidas en el alimento.



Foto 3 Ganadería intensiva de cerdos (Foto AVISA.org.)

1.2.3 Ganadería de autoconsumo

La ganadería de autoconsumo, como su nombre lo indica, se refiere a la cría de animales por una familia para obtener productos (INEGI, 2013). Se practica en la mayoría de las comunidades rurales del país; la importancia social de este tipo de explotación radica en el gran número de productores que incluye, crían pequeños lotes, que desde el punto de vista económico contribuye al ingreso familiar, aunque, su participación en el mercado de la carne se limita al ámbito local, por lo que este sistema de producción se encuentra en principio al margen de la economía nacional, por sus bajos parámetros productivos, derivado de la falta de apoyos económicos, asesorías veterinarias o de producción, por parte de los gobiernos (Linares-Ibañez, 2008). En general, las instalaciones son muy sencillas o no existen, habitualmente son construidas con materiales de la región, tales como arbustos, piedras, pedazos de árbol etc. (Foto 4).



Foto 4 Corrales rústicos para resguardo de animales de ganado de autoconsumo (Foto Juana Villada).

Los sistemas de alimentación son deficientes; para el caso de los cerdos, los animales son alimentados con desperdicios de cocina (Foto.5)



Foto 5 Cerdos alimentados con desperdicios de cocina y tripas (Foto Juana Villada).

No hay inspección sanitaria en los corrales o lugares de crianza por lo que el consumo de su carne puede ser fuente de enfermedades parasitarias para el consumidor. Por ello, se debe enfatizar la importancia de contar con un buen sistema de manejo a nivel de criadero familiar, con respecto a calidad, además, la falta de alimentos energéticos disminuye la conversión alimentaria, dando propiedades deficientes nutricionales a su carne (FAO 2013).

Se puede afirmar, entonces, que cualquiera de los métodos de producción descritos pueden representar riesgos para la salud humana que se resumen en la Tabla 1.

Tabla 1. Desventajas de los diferentes tipos de producción repercusiones en la calidad e inocuidad de la carne

Extensiva	Intensiva	Autoconsumo
Exposición al aire, alta incidencia de patógenos ⁽¹⁾	Insumos contaminados con residuos de herbicidas y/o pesticidas de la industria agrícola para este tipo de producción. ^(3,5)	Consumo de excretas de otras especies. ^(5,6)
Los animales pueden ser heridos por otras especies o mordidos por roedores ⁽¹⁾	Adición de hormonas ^(3,5)	Deficientes procesos de matanza, por matanza <i>in situ</i> . ⁽⁶⁾
Falta de control de fauna nociva ⁽¹⁾	Alojamientos confinados (estrés) ⁽⁴⁾	Desnutrición de los animales ⁽⁶⁾ .
Dependiente de factores climáticos, como las sequías, que generan desnutrición en el ganado ⁽²⁾	Residuos de antibióticos ⁽³⁾	Nula vigilancia sanitaria ⁶ .
No pueden proporcionar productos tan homogéneos como solicita la distribución y el mercado de las grandes superficies comerciales ⁽²⁾	Contaminación de bebederos y comederos no aseados correctamente. ^(3,5)	No administra vacunas a los animales ⁽⁶⁾
Los animales alimentados con pastos, tarda más tiempo en acidificar la carne.	Peleas entre animales por competencia de espacio, ocasionando heridas e infecciones ⁽³⁾	Falta de control de fauna nociva ⁽⁶⁾ .
	Compromete el bienestar animal ⁽⁵⁾	Contaminación cruzada, por enfermedades de otros animales ⁽⁶⁾ .
	Sabores extraños en la carne ⁽²⁾	Deficiente nutrición ⁽⁶⁾ .

1) FAO, 2) Civit, 2005. 3) Cox, 2007. 4) Rosmini, 2006. 5) Ramírez-Castro 2011. 6) Linares-Ibañez 2008.

1.3 TRANSFORMACIÓN INDUSTRIAL DE LA PRODUCCIÓN (RASTROS)

Los establecimientos dedicados al sacrificio de los animales para abasto son denominados rastros. Su objetivo es realizar un adecuado degüello del ganado introductor para el suministro de carne, destinado a consumo humano. La infraestructura de sacrificio, cuenta con diferentes sistemas, los municipales, los privados y los TIF. Sus características de operación se resumen en la tabla 2.

De acuerdo con información de SAGARPA, en México existen alrededor de 1,151 rastros distribuidos en todo el país (Fig.1). En los que se sacrifican tanto bovinos como otras especies animales. Del total de los rastros existentes, 913 (79.3%) corresponde a rastros municipales, 141 (12.3%) pertenece a rastros privados y 97 (8.4%) pertenece a rastros TIF.

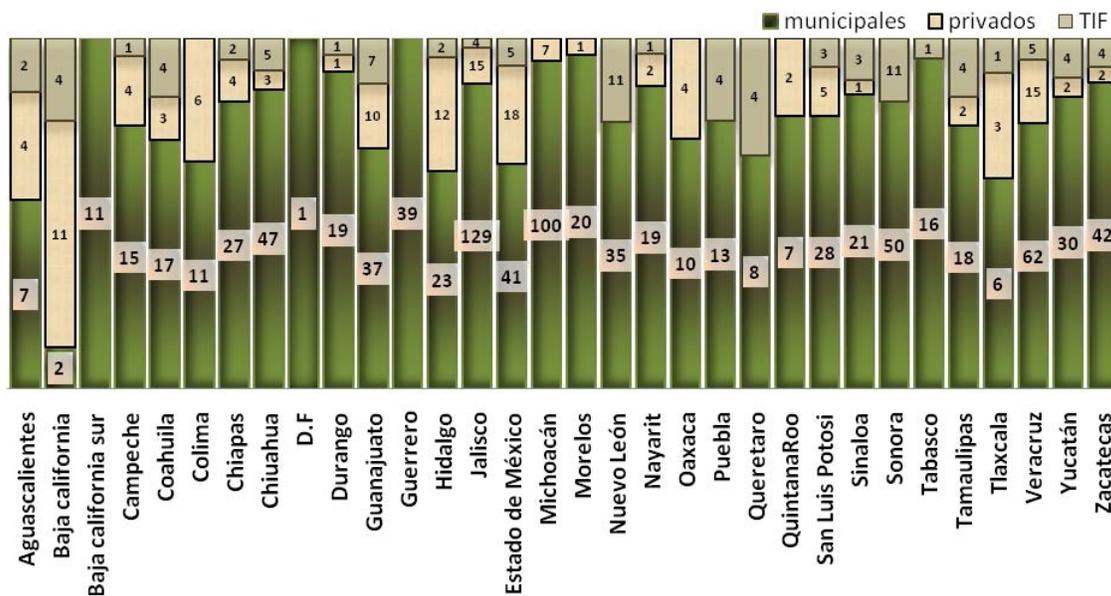


Fig.1. Tipo y número de rastros que operan en cada Estado del país. Elaboración propia con datos del SIAP 2012 (cifras redondeadas).

1.3.1 Rastros municipales.

El servicio de rastro o matadero municipal tiene el objetivo de proporcionar áreas e instalaciones para la matanza, faenado, conservación y distribución de carne en condiciones adecuadas de higiene. Las instalaciones físicas son propiedad del municipio, las funciones y actividades realizadas son para comercialización directa, se

llevan a cabo mediante procedimientos precarios, derivado de la falta de equipo, su funcionamiento es deficiente (Pérez-Díaz, 2013) con pocos recursos. Un alto porcentaje de los rastros administrados por los ayuntamientos presentan incumplimiento a la normatividad sanitaria vigente (Signorini, 2006) y el mayor porcentaje de cabezas sacrificadas se realiza en estos establecimientos. De acuerdo con los datos del INEGI (en su estadística de sacrificio de ganado en rastros municipales por entidad federativa, 2007-2012), en el año 2012; el estado con mayor porcentaje de cabezas de bovino sacrificadas en rastros municipales fue Jalisco con el 18%, seguido por el estado de Michoacán con el 10% (Fig.2). En relación al sacrificio de cabezas de ganado porcino, en rastros municipales, Jalisco participa con el 18% y México con el 14%. (Fig. 3).

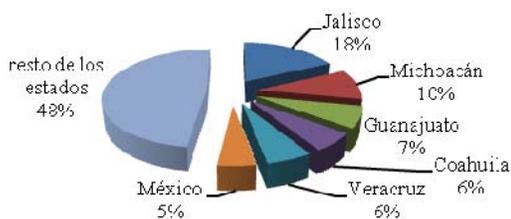


Fig. 2. Porcentaje de cabezas sacrificadas de ganado bovino. Por entidad Federativa. Elaboración propia con datos del INEGI 2012

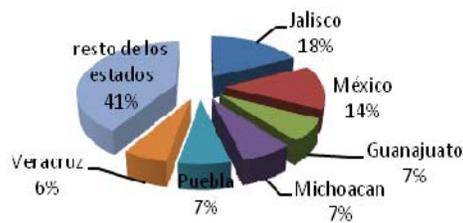


Fig. 3. Porcentaje de cabezas sacrificadas de ganado porcino. Por entidad federativa. Elaboración propia con datos del INEGI 2012

1.3.2 Rastros TIF

Estos rastros son aquéllos que además de prestar servicios básicos que proporcionan los rastros municipales, permiten una industrialización de los productos derivados de la carne. Este tipo de rastro opera fundamentalmente para que sus productos se destinen a la comercialización de grandes centros urbanos y a la exportación. El 23 de abril 2013, la



Fig.4 Logotipo oficial del sistema TIF

SAGARPA anuncio que Rusia realizó una auditoria a estos establecimientos y permitirá que México le exporte carne de res y equino; son 16 los establecimientos TIF que realizan exportaciones a Japón y otros países. Se encuentra reconocido como un sistema de inspección equivalente en países como Estados Unidos, Japón y Corea del Sur, entre los productos exportados se encuentran carne de cerdo, embutidos de cerdo y res (SAGARPA-SENASICA, 2010). La inspección sanitaria se realiza sobre las carnes y en los procesos de industrialización, con estricto apego a la normatividad. Los puntos

críticos que se revisan en las plantas TIF son: condiciones básicas del establecimiento; condiciones de equipo y construcción, manejo y protección del producto; control de enfermedades; método de sacrificio; programa de residuos; control de productos procesados y, procedimientos de control de inspección. El Certificado Tipo Inspección Federal (TIF) es un documento expedido en México por SAGARPA (PROMEXICO), al momento de cumplir con los requisitos de certificación, se asigna el logo con el número oficial del establecimiento que le sea asignado por la autoridad (Figura 4).

Con el propósito de mejorar inocuidad en productos cárnicos existe un programa de apoyo para impulsar la matanza de ganado en establecimientos TIF (Apéndice 3). La SAGARPA, a través del SENASICA en 2010 invirtió más de 732.608 millones de pesos, en beneficio de tres mil 950 productores que sacrificaron 5.3 millones de cabezas de ganado en 75 establecimientos TIF de 23 entidades federativas.

1.3.3 Rastros privados.

Algunas empresas privadas, con características heterogéneas, se manejan con las similitudes y lineamientos bajo las que opera una planta TIF (sin tener la acreditación TIF), otras pueden tener particularidades de rastros municipales. Cuentan con permisos de salud de la autoridad correspondiente y son establecimientos registrados (Pérez-Díaz, 2013).

1.4 COMERCIALIZACIÓN

Existe un predominio de mayoristas y medio mayoristas, por lo que se presenta una ruptura entre el productor y el consumidor final de la carne ya que intervienen en esta etapa un número excesivo de intermediarios. Se distribuye a través de tianguis, mercados, carnicerías y centros comerciales. La oferta varía según el tipo de establecimiento: en tianguis y mercados se venden solo cortes populares y se agrava ante la preferencia del consumidor por el factor precio-cantidad, antepuesto a precio-calidad. Por ejemplo; los clientes prefieren la carne de importación que se vende en los centros comerciales porque es más barata y ofrece variedad de cortes, aunque esta algunas veces no presenta sello de procedencia (Civit 2005). También perjudica la costumbre del distribuidor final (el tablajero) de manejar carne en canal o cortes económicos (Foto 6) en lugar de trozos y cortes especiales provenientes de rastros T.I.F,

situación que en el mercado nacional está encontrando respuesta en los centros comerciales, cuya participación ha alcanzado un porcentaje del 40% de ventas en la etapa final de la cadena de comercialización.



Foto 6 .Comercialización de la carne. A) Distribuidora mayorista de carne de cerdo B) Venta de carne en un tianguis de la ciudad de México C) Venta de carne en supermercados D) Carnicería en un mercado del Estado de Guerrero (Foto Juana Villada).

Tabla 2 Diferencias de operación entre los diferentes tipos de rastro Modificado de Pérez-Díaz 2013

Municipales	TIF	Privado
Instalaciones deficientes	Instalaciones modernas	Instalaciones modernas
Equipos rústicos	Maquinaria moderna	Maquinaria moderna
Minima capacidad instalada	Adecuada capacidad instalada	Adecuada capacidad instalada
Sin inspección <i>antemortem</i>	Realiza inspección <i>antemortem</i>	Realiza inspección <i>antemortem</i>
Sin inspección <i>post-mortem</i>	Realiza inspección postmortem	Realiza inspección postmortem
Deficiencia en el proceso de matanza	Control del proceso de matanza	Control del proceso de matanza
Personal con poca experiencia	Personal capacitado	Personal capacitado
Escasas prácticas sanitarias	Prácticas sanitarias	Prácticas sanitarias
Poca higiene	Manejo de la higiene	Manejo de la higiene
Sin sistemas de clasificación de los canales.	Cuentan con sistema de clasificación de canales	Cuentan con sistema de clasificación de canales
Sin sistemas de control de calidad	Cuentan al menos con un sistema de calidad	Cuentan minimo con un sistema de calidad
Malas prácticas humanitarias	Manejo de prácticas humanitarias	Manejo de prácticas humanitarias
Sin cadena de frío	Presencia de cadena de frío	Presencia de cadena de frío
Precio medio por derecho de degüello \$150	Precio medio por derecho de degüello \$270	Precio medio por derecho de degüello \$180-250

1.5 PRODUCCION DE CARNE EN MÉXICO.

La producción de carnes en México se sustenta en la variedad ganadera, en la que sobresale el bovino (30.6%), el porcino (20.4%) y la avicultura (46%), que en conjunto aportan el 98% de la producción de cárnicos (SIAP, cifras del año 2011). El resto del

ganado destinado a la obtención de carne, como son el ovino, el caprino, y aves como el guajolote, entre otros, mantienen una posición marginal. Situación influenciada principalmente por los hábitos de consumo de la población, aunado a que en este sector pecuario los animales son criados en pequeñas granjas cuya producción se destina al autoabastecimiento y en su mayoría por sectores de bajos recursos (INEGI, 2007). Otra inconveniente es que no pueden ofrecer nuevos productos y que los pone en desventaja ya que, la demanda industrial es cubierta por carne y productos cárnicos importados más diversos y económicos (Financiera Rural 2012). En este trabajo sólo se tratará la producción de las especies porcina y bovina, en el apartado siguiente se mencionará al pollo como índice comparativo de producción, porque ha sido la especie más demandada en los últimos 10 años.

En el año 2011 la obtención de carne en canal tuvo las siguientes aportaciones: la industria avícola produjo 2,7 millones de toneladas, la de bovino 1,8 millones de toneladas y la de porcino 1,2 millones de toneladas (SIAP 2013). La figura 5 muestra que la carne de ave es la que más acrecentó su producción. Se incrementó 33.33%, al pasar de 1.8 a 2.7 millones de toneladas, en el periodo del 2000-2011. La Unión Nacional de Avicultores (UNA) señala que entre los factores que favorecen el consumo de carne de pollo es que la misma permite diferentes formas de preparación, existe la tendencia de consumo hacia carnes con bajo contenido de grasa y el incremento de restaurantes de comida rápida. Se ha acelerado el consumo de carne de aves de corral, debido a que presentan precios relativamente más bajos a los mostrados por la carne roja, principalmente de bovino (Financiera Rural, 2012).

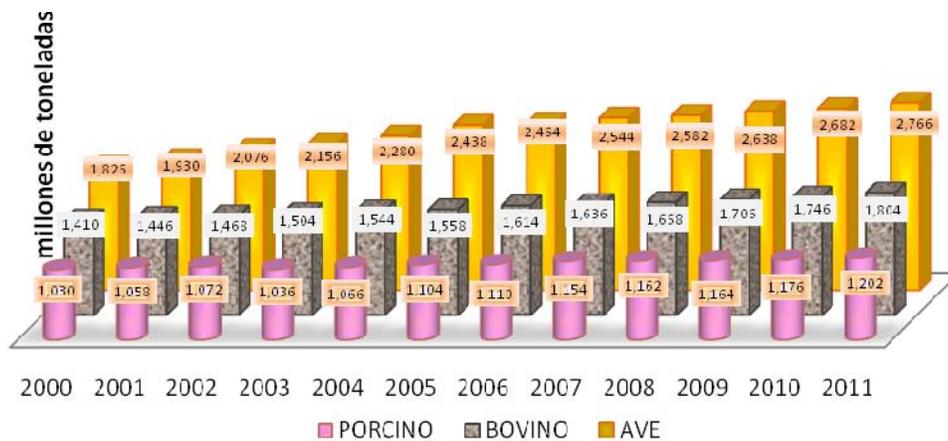


Fig.5. Producción anual de carne en canal de pollo, bovino y porcino. Fuente elaboración propia con datos del SIAP 2013.

En años anteriores, (2009-2011), esta industria favoreció su crecimiento debido a la mala imagen que se le ha dado a la carne de cerdo, sobre todo cuando se ocasionó, la epidemia de influenza AH1N1 en nuestro país, conocida como “influenza porcina” en el año 2009 y la crisis del sector bovino, en el 2011. Este período se caracterizó por la pérdida de ganado a causa de las sequías y enfermedades registradas en muchos países, incluido México.

La recuperación del mercado porcino va despuntando favorablemente, aunque, del 2009 al 2010 sólo aumento su producción el 1%. Afectado por la epidemia de influenza, de la que se creyó el cerdo era portador. El período 2010 -2011, incrementó el 2.5%, resultado de la campaña de promoción del consumo de carne de cerdo mexicana 2010 (Fomento Mexicano de Porcicultura, FOMEXPORC).

Entre el periodo del 2000 -2010, la producción de carne de cerdo, en canal mostró una tasa media anual de crecimiento (TMAC) de 1.3%, ubicándose en el año 2010 en 1.2 millones de toneladas, con un valor de 35,840 millones de pesos. (Fig. 6)

La industria de carne bovina, en canal, por su parte aumentó en cinco años a una TMAC de 2.3%, alcanzando 1.74 millones de toneladas en 2010, con un valor de 57,954 millones de pesos (Fig.7).

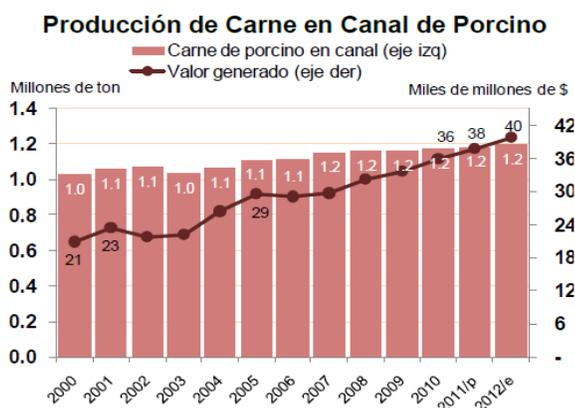


Fig.6. Fuente Financiera Rural 2012

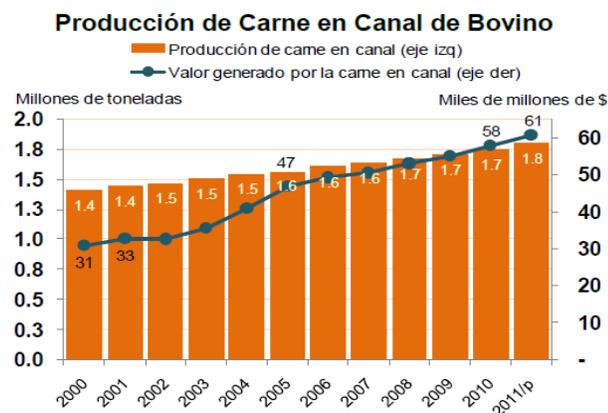


Fig.7. Fuente: Financiera Rural 2012. Con datos de SAGARPA.

CAPÍTULO 2

*Composición del músculo,
Parámetros de calidad de la carne*

Capítulo 2

Parámetros de calidad de la carne.

2.1 DEFINICIÓN DE CARNE

Se entiende por carne a la estructura muscular estriada esquelética, acompañada o no de tejido conectivo, hueso y grasa, además de fibras nerviosas, vasos linfáticos y sanguíneos; proveniente de los animales para abasto, que no ha sido sometida a ningún proceso que modifique de modo irreversible sus características sensoriales y fisicoquímicas; se incluyen las refrigeradas o congeladas (NOM-194-SSA1-2004). La carne procede del músculo, pero uno y otro se diferencian en los procesos bioquímicos y biofísicos, que se producen a partir de la muerte del animal y que confieren a la carne sus propiedades de color, suavidad, sabor, aroma y jugosidad (Lee et al., 2010).

2.2 COMPOSICIÓN DEL MÚSCULO ESQUELÉTICO

El tejido muscular esquelético representa el 35-65% del peso de la canal en promedio. Está compuesto aproximadamente de agua 75%, 19% de proteínas, 5% lípidos, 1% de glucógeno, y comprende varios tejidos, como conectivo vascular y nervioso (Foto 7/ Fig. 8) (Lefaucheur 2010). La estructura del músculo está definida por el tejido conectivo organizado en tres niveles distintos: Epimisio (rodeando el músculo), Perimisio (rodeando los fascículos) y Endomisio (rodeando cada fibra muscular) (Foto 8) (Huff-Lonergan y Lonergan 2005).

2.2.1 Fibra muscular: estructura interna

La unidad estructural del músculo es una célula cilíndrica multinucleada, también conocida como fibra muscular o miofibrilla, que es alargada, no ramificada, filiforme, levemente cónica en ambos extremos (Fig. 9). El ATP es la principal fuente de energía para la célula, la disponibilidad de este, le permite a la célula llevar a cabo su metabolismo. La síntesis de ATP en la mitocondria, exige la presencia de oxígeno y de sustratos energéticos como la glucosa y los ácidos grasos (Díaz-Cruz 2011).

Las miofibrillas se encuentran ordenadas de forma paralela y son la causa del aspecto poliédrico irregular que se distingue en los cortes transversales del músculo esquelético.

Al observar las células en el microscopio electrónico se distinguen bandas oscuras y claras (Fig.10) que dan una apariencia de estrías alternas, de ahí el nombre músculo estriado (Huff Lonergan et al., 2010). Están formadas por filamentos que contienen las proteínas contráctiles del músculo (Fig.11), responsables directas de la función del mismo (Huff Lonergan y Lonergan 2005).



Foto 7. Músculo de res donde se puede observar A) Tejido vascular B) Tejido nervioso y C) Tejido conectivo. Modificado de Ashdown (2010).

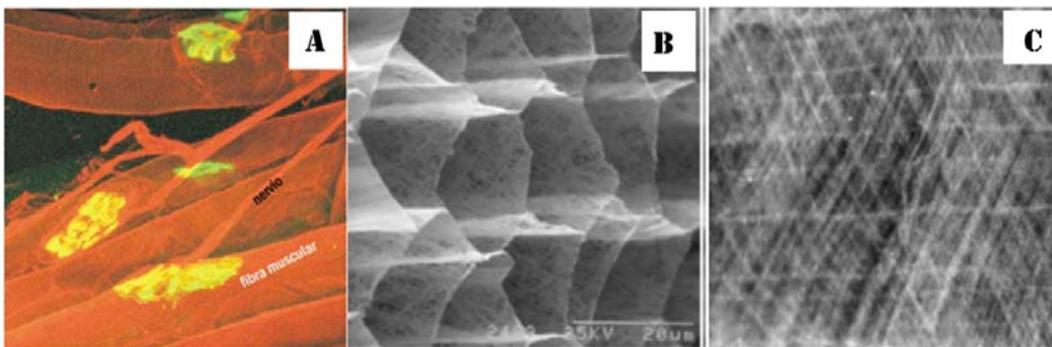


Fig.8 A) Micrografía que muestra el abastecimiento nervioso a las fibras musculares. B).Micrografía electrónica de finas fibras de colágeno, ondulado en las estructuras del perimisio. C). Micrografía que muestra la disposición de las fibras de colágeno en el epimisio del músculo. Las líneas horizontales muestran los bordes de las fibras musculares individuales en la superficie del músculo. Las fibras de colágeno del epimisio se encuentran en dos capas de fibras paralelas, enaprox. $\pm 54^\circ$ a la dirección de las fibras musculares. Purslow (2005).



Foto 8. Corte transversal de músculo de res, que muestra la organización del tejido conectivo en el músculo (Foto Juana Villada)

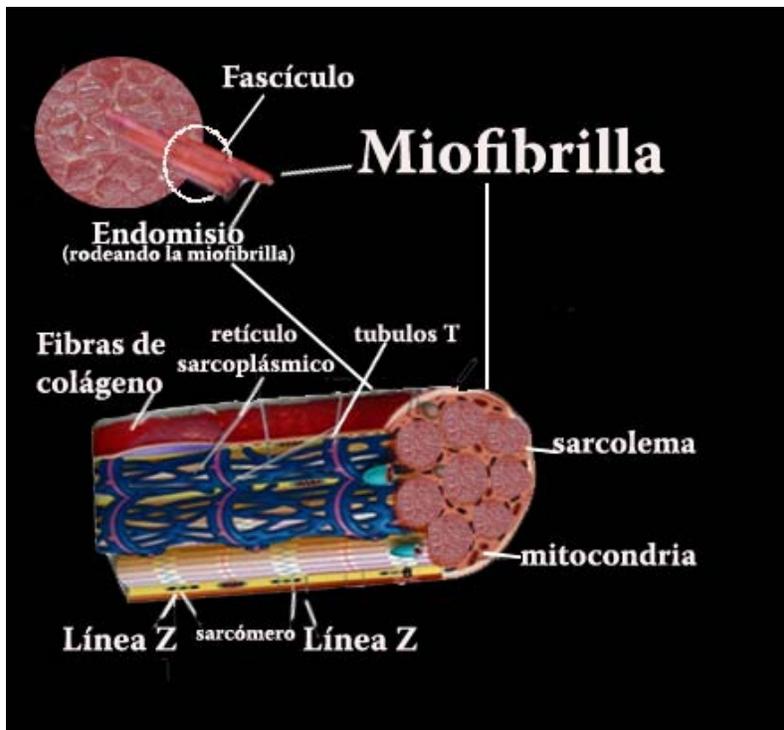


Fig.9. Esquema de los principales componentes de la miofibrilla. Elaboración propia

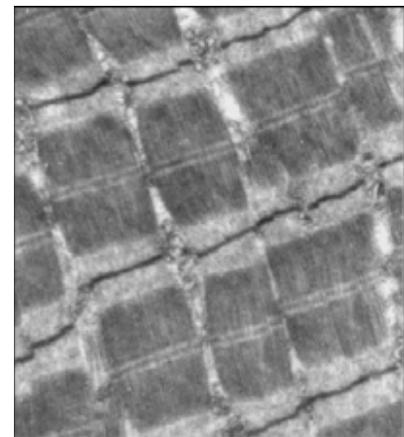


Fig10. Micrografía electrónica de miofibrilla Prates et al., 2002

Las bandas oscuras también reciben el nombre de bandas A (de anisotropía) y las claras como bandas I (de isotropía), estas últimas aparecen bisectadas por una línea transversal oscura denominada disco o línea Z de Zwichenscheibe que significa disco intermedio (Guerrero-Legarreta y Mota-Rojas 2010). El fragmento de miofilamento que se encuentra entre dos líneas Z se llama sarcómero, constituye la unidad estructural y funcional del músculo estriado esquelético (Ponce 2006, Huff Lonergan et al., 2010). Al centro de la banda A hay una zona más clara que corresponde a la banda H (de Hell o claro) en cuyo centro esta la línea M (de Mittell membran o membrana media)

2.2.2 PROTEÍNAS DEL MÚSCULO ESQUELÉTICO

El músculo esquelético se compone de tres grupos de proteínas: miofibrilares, sarcoplásmicas y del estroma, clasificadas así por su solubilidad y ubicación en el tejido muscular (Lee et al 2010).

2.2.2.1 Proteínas miofibrilares.

Constituyen el 50-55% del contenido proteico, insolubles en agua, solubles en soluciones de fuerza iónica alta, tienen función estructural ya que constituyen las miofibrillas de la célula muscular, son responsables de las propiedades contráctiles del músculo y la carne (Goll et al., 2008, Lee et al 2010). Las proteínas miofibrilares se dividen en tres subclases: Las fibrosas miofilamentosas (actina y miosina) responsables de la formación de la estructura miofibrilar; las reguladoras, como el complejo tropomiosina, la troponina, actinina, y, finalmente, las conectivas como titina, nebulina, desmina, vimentina, que dan el soporte a la estructura miofibrilar en conjunto.

2.2.2.2 Proteínas sarcoplásmicas

Las proteínas sarcoplásmicas representan aproximadamente el 30-34% del total de las proteínas musculares, son solubles en agua y se encuentran en el citoplasma celular. Son proteínas globulares de peso molecular relativamente bajo que van desde 17.000 D (mioglobina) a 92.500 D (fosforilasa b) (Tornberg 2005). En su mayoría globulinas y albúminas que constituyen los sistemas enzimáticos que modulan el metabolismo celular, siendo la más importante desde el punto de vista de la calidad de la carne la mioglobina, que es un pigmento intracelular que se sintetiza en las mitocondrias (Ponce 2006).

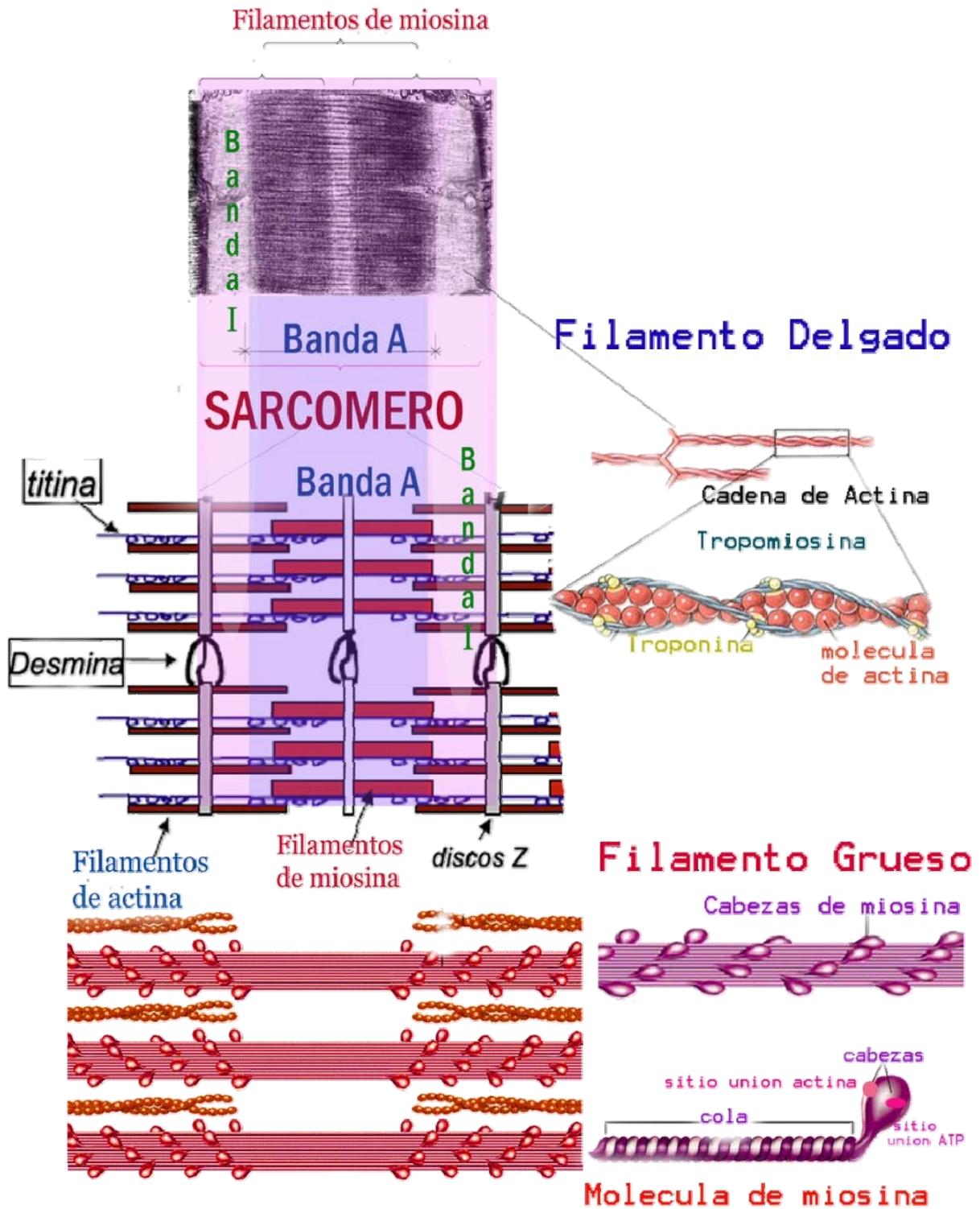


Fig.11. Combinación de una micrografía electrónica con un esquema de las proteínas miofibrilares del músculo, mostrando los componentes del sarcómero (Adaptado de Kemp et al. 2010).

2.2.2.3 Proteínas del estroma

Las proteínas del estroma son: colágeno, elastina y reticulina, constituyen el 15% del total de las proteínas, son solubles en compuestos no polares. Forman el tejido conectivo y son parte de las membranas del epimisio, perimisio y endomisio (Ponce 2006).

2.3 AGUA

Como anteriormente se mencionó el músculo esquelético contiene en promedio el 75% de agua, la cual se encuentra dentro de las miofibrillas, entre ellas mismas y entre las miofibrillas y el sarcolema (Offer, G., y Cousins, T (1992). El agua en las miofibrillas sirve como lubricante, así como transporte de metabolitos. Encontramos el agua dentro del músculo en tres diferentes formas: agua ligada, agua libre y agua inmóvil (Kolczak et al., 2007).

2.3.1 Agua ligada.

Es la que existe cerca de los componentes no acuosos (como las proteínas) y no se mueven fácilmente a otros compartimentos. Representa una fracción muy pequeña del total de agua en las células musculares, menos de la décima parte del total de agua en el músculo, y es muy resistente a la congelación y a la expulsión por calor convencional En músculo *post-rigor mortis* la cantidad de agua ligada cambia muy poco o nada (Offers y Knight, 1988b).

2.3.2 Agua inmóvil.

Esta fracción puede estar sujeta por efectos estéricos y/o por la atracción hacia el agua ligada; se encuentra dentro de la estructura del músculo, pero no está unida a la proteína (Huff Lonergan y Lonergan 2005)

2.3.3 Agua libre.

Es aquella que se desprende de los tejidos sin obstáculos, sólo se encuentra unida por fuerzas débiles, es expulsada por acción de la presión, cortado o centrifugación (Offers y Knight, 1988b).

2.4 CARBOHIDRATOS

2.4.1 Glucógeno.

El glucógeno es la forma principal de almacenaje de carbohidratos en los animales, se encuentra en proporción mayor en el hígado (hasta 6%) y en el músculo, donde rara vez excede de 1%. Sin embargo, debido a su mayor masa, el músculo almacena tres a cuatro veces la cantidad de glucógeno que tiene el hígado como reserva, se almacena en el tejido muscular para el consumo de energía a corto plazo, ya que su función es actuar como una fuente de fácil disponibilidad de unidades de hexosa para la glucólisis dentro del propio músculo (Kyla"-Puhju et al., 2005). En la conversión de músculo a carne, el glucógeno muscular es además, muy importante debido a su papel crucial en la glucólisis anaeróbica y la formación de lactato postmortem (Bertram 2003)

2.5 LIPIDOS

La concentración de los lípidos en el músculo es muy variable ya que puede oscilar entre un 0.5 y 15%, generalmente están constituidos de triglicéridos con ácidos grasos saturados y monoinsaturados (Tabla 3), y de acuerdo a su composición se puede dividir en lípidos del tejido adiposo y lípidos del marmoleo (intramuscular) que se encuentran como capas subcutáneas.

Los ácidos grasos producen principalmente aldehídos y cetonas, responsables de sabores cárnicos y, si sufren reacciones de oxidación, del sabor rancio (Guerrero y Mota 2011). Los principales ácidos grasos en algunas especies animales son los siguientes:

Tabla 3 Principales ácidos grasos en algunas especies animales (Guerrero y Mota 2011)

Ácido graso (mg/kg)	Bovinos	Ovinos	Porcinos
SATURADOS			
Palmitico (C16:0)	29	25	28
Esteárico (C18:0)	20	25	13
INSATURADOS			
Oleico (C18:1)	42	39	46
Linoléico (C18:2)	2	4	10
Araquidónico(C18:4)	trazas	1.5	2

2.6 CONVERSIÓN DEL MÚSCULO A CARNE

La conversión del músculo a carne comienza en el momento de la muerte de los animales y termina con el agotamiento de los compuestos degradables ricos en energía como ATP, creatina y glucógeno (Fada et al., 2008) Está regulada por interacciones de procesos bioquímicos, físicos y químicos (Fig.12), se caracteriza por tres etapas importantes a) *pre-rigor*, los músculos son extensibles, pero relativamente firmes b) *rigor mortis* los músculos se acortan y son rígidos c) *post-rigor*, pierden firmeza e incluso son blandos. (Marinus et al. 2009)

Pre-rigor. Luego de la matanza, cesa el aporte sanguíneo de oxígeno y nutrientes al músculo, de manera que él mismo debe utilizar un metabolismo anaeróbico para transformar sus reservas de energía (glucógeno) en ATP, con el fin de mantener su temperatura e integridad estructural. El ATP se obtiene a través de la degradación de glucógeno en ácido láctico. Este último ya no puede ser retirado por el sistema sanguíneo, por lo tanto va provocar el descenso del pH muscular. Estos cambios pueden tener efecto sobre numerosas proteínas en la célula muscular, especialmente en los sistemas de enzimas proteolíticas que desempeñan un papel significativo en el ablandamiento de la carne, promovida durante la maduración postmortem (Huff Lonergan et al., 2010)

Rigor –mortis. El *rigor mortis* se presenta poco después de la muerte, existen impulsos nerviosos localizados, que inician ciclos rápidos de contracción y relajación muscular, pero la condición del rigor es irreversible porque ya no existe el control nervioso, las reservas de ATP se agotan y, evitan la ruptura de los puentes cruzados entre actina y miosina; además, el ciclo de contracción-relajación se detiene debido a la falla en los mecanismos que sintetizan ATP, por lo que la elasticidad muscular se pierde paulatinamente hasta llegar a un estado de contracción sostenida por la formación irreversible el complejo actomiosina.

Post-rigor. La etapa posterior al rigor mortis es la resolución, en donde el tejido muscular recupera gradualmente cierta elasticidad debido a la pérdida de la integridad del tejido, mejorando la textura y formando compuestos precursores del aroma a carne. El aumento en la suavidad se debe a la degradación de proteínas como la titina, nebulina, actina y miosina que da como resultado la pérdida de tensión y cambios en la

estructura de las miofibrillas. Además del debilitamiento de la línea Z por fragmentación de la desmina, y liberación de Ca^{2+} (Huff Lonergan et al., 2010, Guerrero-Legarreta 2011).

2.7 MADURACIÓN DE LA CARNE

La maduración de la carne consiste en mantener la carne en refrigeración durante un período prolongado después de la matanza, las condiciones de almacenamiento varían en relación a la temperatura, empaque, humedad del ambiente y tiempo de almacenamiento, dependiendo de la especie, raza, edad del animal y también si se trata de cortes de carne, canales completas o producto cárnico. Durante este proceso se llevan a cabo una serie de reacciones oxidativas y bioquímicas, dentro de las cuales las más destacadas son la proteólisis y lipólisis y continúan aún a temperaturas de refrigeración (Ouali et al., 2006, Abdullah y Rasha 2009). La maduración favorece las propiedades sensoriales de la carne y sus productos, atributos como la suavidad, sabor, olor, aroma, color, alta calidad nutricional, mayor capacidad de retención de agua, calidad microbiológica, así como la facilidad de fragmentación de las miofibrillas, (es decir un mejor desarrollo de la proteólisis). Estas cualidades se logran gracias a los cambios estructurales en el músculo, como consecuencia de mecanismos físico-químicos, cambios de pH, participación de la fuerza iónica, acción de enzimas celulares proteolíticas y microbianas (Lamare et al., 2002, Anders et al., 2009, Aro et al., 2010).

2.8 PARÁMETROS DE CALIDAD DE LA CARNE

La calidad, ha sido entendida de muchas maneras, pero la mayoría de los autores que la definen coinciden, en que, la calidad es un conjunto de características o cualidades que posee un producto y que permite satisfacer las necesidades del cliente (Pérez-Díaz, 2013). Entre las condiciones que requiere el consumidor para adquirir carne y considerarla como producto de primera, se encuentran las cualidades visuales y sensoriales, así como, la seguridad en aspectos de salubridad. Dentro de las cualidades visuales se encuentran implicados el color, la cantidad de grasa y la inexistencia de goteo, las características sensoriales son consideradas a partir de que la carne está cocida, donde el consumidor la selecciona por su sabor, aroma, suavidad y jugosidad (Warner et al. 2010). En cuanto a los aspectos de salud se buscan mejores propiedades funcionales y nutricionales, por ejemplo baja en colesterol, mejor perfil de ácidos grasos, de fácil digestión, etc. También exigen la garantía de inocuidad, es decir buena calidad

microbiológica y sin hormonas adicionadas una menor implicación de aditivos e intervenciones tecnológicas (Monsón et al., 2005, Nichas et al 2008, Asefa et al., 2010, Dyubele et al., 2010, Zhang et al., 2010, Delgado-Pando et al., 2012).

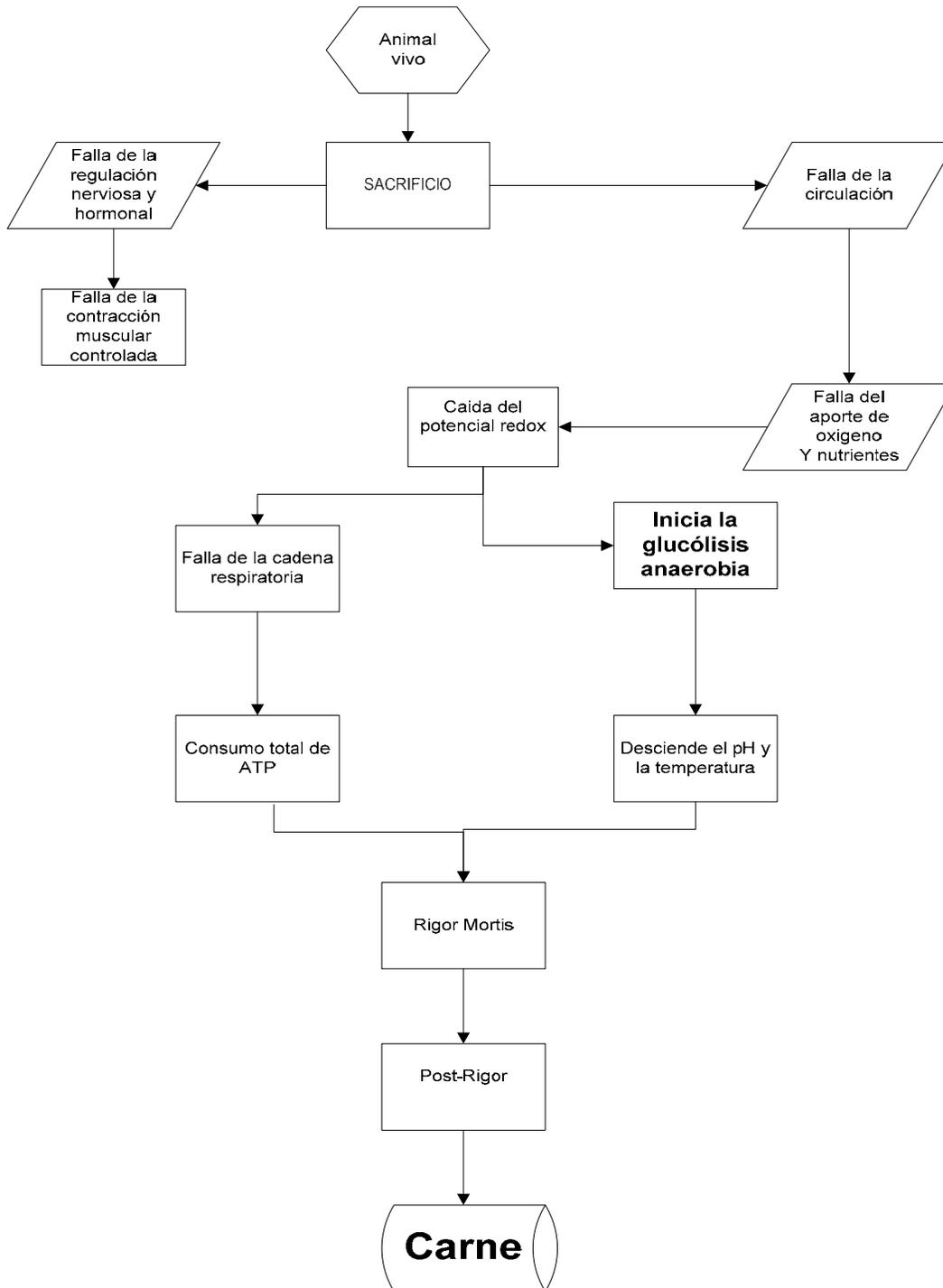


Fig. 12. Diagrama de los principales cambios *postmortem* (Ponce, 2006).

2.8.1 Color

El color de la carne es el primer parámetro visual que tienen en cuenta los consumidores, al comprarla, así que, un color marrón es sinónimo de mala calidad y poca higiene a criterio de ellos (Khlijji et al., 2010, Summan2010). Cuando la carne es pálida también es discriminada por los consumidores, ya que, eligen carne de “color normal” (rojo-rosáceo) (Warris, 2000). El color de la carne lo determina el grado de oxigenación de la mioglobina y el estado oxidativo del hierro. La mioglobina oxigenada ofrece una atractiva vista de carne de color rojo y un color rojo oscuro en ausencia de oxígeno (Fig. 13). La oxidación de hierro hemo de un ion ferroso (Fe^{2+}) a uno férrico (Fe^{3+}) da lugar al color marrón y se asocia a menudo a la liberación de radicales de oxígeno (Satoh y Shikama, 1981). Después del sacrificio, cuando se ha consumido el oxígeno, los músculos tienen un color púrpura oscuro. Cuando la carne fresca se corta por primera vez la superficie del corte puede presentar este color rojo oscuro; tras su exposición a la atmósfera durante algunos minutos se oxigena la mioglobina y la carne cambia a un color rojo más brillante. Si el músculo ha sufrido desnaturalización intensa el tono del color se reduce considerablemente y aparece pálido incluso en la carne cortada. Mancini (2005).

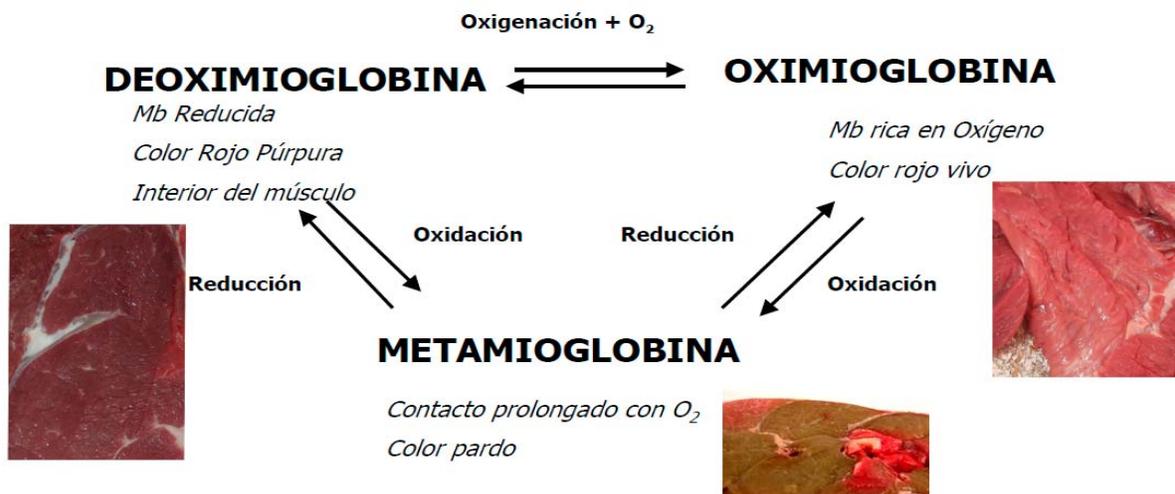


Fig.13. Química de la mioglobina en la superficie de la carne. Modificado de Mancini (2005).

2.8.2 Suavidad

La suavidad es el parámetro de mayor importancia después del color, al momento de elegir carne, sobre todo carnes rojas (Gil et al. 2006, Warner et al. 2010, Huff Lonergan et al., 2010, Kemp et al., 2010, Nishimura 2010). Depende del contenido y/o composición del tejido conectivo, la longitud del sarcómero y de la modificación de las proteínas estructurales del músculo esquelético, es decir, del grado de alteración y debilitamiento de las estructuras miofibrilares, donde participan diferentes sistemas proteolíticos (Hopkins y Tompson 2001, Huff Lonergan y Lonergan 2005, Ouali et al., 2006, Abdullah y Rasha 2009).

Los estudios sobre la suavidad de la carne y los sistemas proteolíticos ha generado controversias y las opiniones están divididas en tres diferentes corrientes:

La primera de ellas propone que son las calpaínas las únicas proteasas que participan en este proceso, la segunda plantea que son las catepsinas y las calpaínas, y la tercera propone a un factor multienzimático post-mortem (Anders et al., 2009). Aro et al., 2010, proponen que la participación de las enzimas endógenas del músculo no son suficientes para favorecer la suavidad de la carne, por lo que la descomposición posterior de los péptidos en aminoácidos libres se lleva a cabo por enzimas microbianas, esto es apoyado por diversas evidencias experimentales, donde sugieren un efecto sinérgico de proteasas microbianas en combinación con los complejos de enzimas proteolíticas musculares (Kenneally et al., 1999, Martín et al., 2001, Savijoki, 2006 Fadda et al., 2008, Nychas et al., 2008, Spazianni et al., 2009).

2.8.3 Aroma

Este es el atributo sensorial de la carne cocida que mejor define a la carne de cada especie (Matsuishi et al., 2004), Se forma a partir de las interacciones de los precursores no volátiles, como aminoácidos libres, péptidos, azúcares reductores, vitaminas, nucleótidos y ácidos grasos insaturados y que durante la cocción dan lugar a los aromas deseables característicos a carne, destacando los compuestos azufrados que son formados durante la reacción de Maillard (reacción entre los aminoácidos libres y azúcares reductores) éstos precursores se encuentran en la carne cruda y provienen de los cambios bioquímicos sucedidos en la etapa postmortem (Mottram 1998) Del Campo et

al., 2003 explica que las carnes con mayor cantidad de ácidos grasos insaturados, aportan mayor cantidad de compuestos volátiles derivados de los lípidos, ya que éstos son más reactivos durante el calentamiento.

2.8.4 Sabor

El sabor es una percepción sensorial de la estimulación simultánea de los sentidos del gusto y el olfato. Generalmente se cree que el desarrollo del sabor es debido a la formación de varios compuestos de bajo peso molecular, incluyendo los péptidos, aminoácidos, aldehídos, ácidos orgánicos y aminas, que son compuestos importantes del sabor (Tabla 4) o precursores de compuestos aromáticos (Soriano et al., 2006, Stetzer et al., 2008, Sun et al., 2010). Otra fuente es la derivada de lípidos. Por ejemplo en la carne de cerdo, pollo y pescado hay mayor proporción de ácidos grasos insaturados, en comparación con carne de res y cordero en donde se generan aldehídos volátiles.

El aroma y sabor de la carne se percibe al momento de la cocción, ya que cruda, tiene poco o nada de aroma y sabor. Durante este proceso se lleva a cabo una serie de reacciones, de Maillard, de Strecker y las reacciones térmicas de degradación de lípidos (Mottram, 1998) que se producen entre los componentes no volátiles de los tejidos magros y los grasos. De esta manera los principales precursores del sabor de la carne se puede dividir en dos categorías, los compuestos derivados de precursores de lípidos y los compuestos derivados de precursores solubles en agua (Mottram 1998).

2.8.5 Jugosidad

Es la cantidad de líquido que se extrae de un trozo de carne al presionarlo, es decir, los fluidos que se liberan durante el masticado. Este término está muy relacionado con suavidad y, mientras más tierna sea la carne más jugosa será ésta. Se cree que la carne con más marmoleo (Foto 9) presenta un índice de jugosidad más alto, ya que, la grasa funciona como aislante, impide la salida de agua al momento de la cocción, por lo tanto posee más agua ligada y pierde menos líquido al ser cocida y así parece más jugosa (Guerrero-Legarreta 2011). Aunado a esto, la grasa promueve la estimulación de las glándulas salivales (Oliva –García 2012).



Foto 9. Corte de carne de res que muestra marmoleo.
(Foto Juana Villada)

2.8.6 Marmoleo

Se emplea como índice en la evaluación de canales (Foto 10) debido a que sirve para establecer las categorías o grados que contribuyen directamente al valor de la carne de bovino en los mercados internacionales. Es la grasa que se encuentra intramuscular, entre los componentes del músculo y que tiene un gran impacto en la calidad de la carne porque está directamente relacionado con efectos positivos en la jugosidad y el sabor. Ligeras cantidades de grasa intramuscular uniformemente distribuidas a través de la carne proveen buen sabor y jugosidad, de lo contrario a la carne que no posee marmoleo es generalmente seca y carente de sabor (Oliva –García 2012).



Foto 10 Clasificación según cantidad de marmoleo (Oliva –García 2012)
(Clasificación según los estándares fotográficos estadounidenses).

2.8.7 Importancia de la carne en la nutrición humana

La carne es esencial en una dieta mixta y equilibrada, asegura el consumo de nutrimentos esenciales de alta digestibilidad y valor biológico, aporta vitamina B12, vitamina A y ácido fólico, es la principal fuente disponible de minerales como hierro, zinc y selenio para el cuerpo humano. La ingestión de minerales a través de la carne permite un desarrollo

intelectual, refuerza el sistema inmunológico y previene la anemia, se absorben y aprovechan mejor que las proteínas de origen vegetal, gracias a su biodisponibilidad. Además, es un producto bajo en hidratos de carbono, que contribuye a un índice glicémico bajo, lo cual se asume “benéfico” con respecto al control de sobrepeso y el desarrollo de diabetes. Aunado a esto, la carne posee características valiosas para el consumidor como son: sabor, variedad y saciedad. Es importante dejar de lado mitos y prejuicios del consumo de carne, por ejemplo el prohibir la inclusión de carne de cerdo en las dietas por pensar que es la menos “recomendable” por cuestiones de contenido graso o de posibilidad de parásitos. Esta carne contiene proteína que se digiere en un 97% y su patrón de aminoácidos es de los más altos, provee lisina y metionina, indispensables para la producción de nuevo tejido en el organismo, además la producción moderna ha logrado desarrollar animales con mejores características genéticas, logrando reducir la grasa en sus canales y cortes (Rull-Reveles 2010).

En México, los productos cárnicos procesados, serían una alternativa de nutrición para la población de escasos recursos, ya que 1 de cada 2 niños menores de 5 años presenta deficiencias de hierro o zinc (Tarte 2010).

2.8.8 pH

Es la medida que se utiliza para medir el grado de acidificación en la carne se mide a las 24 hrs. (Foto 11) para que brinde información potencial de la carne, ya que interfiere directamente sobre la estabilidad y las propiedades de las proteínas, de su valor final, dependerán los atributos de calidad de la carne y sus propiedades funcionales como la capacidad de retención de agua (Oliva –García 2012). Los rastros municipales no lo consideran y no lo miden, en los rastros privados se maneja un pH de 6, mientras que en los rastros TIF se manejan pH de 5 (Pérez-Díaz 2013).



Foto 11. Operarios midiendo pH a las canales.

CAPÍTULO 3

Factores involucrados en la disminución de calidad e inocuidad de la carne.

Capítulo 3

Factores involucrados en la disminución de calidad e Inocuidad en la carne.

La calidad de la carne depende del manejo que reciba el ganado desde que sale de los corrales hasta que llega al punto de venta. El conocimiento de estas interacciones puede ayudar a optimizar el control de calidad de la carne fresca y sus productos, así como la extensión de su vida útil; sobre todo en las fases en las que se pueden aplicar medidas primordiales para prevenir y eliminar el riesgo relacionado con la inocuidad de los alimentos o para reducirlo a un nivel aceptable (Nychas 2008). En México los estándares nacionales son regulados conforme a la Ley General de Salud, donde la Secretaría de Salud ejerce las atribuciones de regulación, control y fomento sanitario, a través de la Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios (COFEPRIS).

3.1 MANEJO *antemortem*

El manejo de los animales antes de la matanza es una parte estratégica en la calidad de la carne, va enfocada a optimizar el bienestar animal y evitar la contaminación de la carne por microorganismos oportunistas (Foto 12). Esta operación abarca puntos críticos como son las condiciones de limpieza de la granja, la carga de los animales, el transporte desde la granja al lugar de sacrificio, así como la descarga de los animales en el matadero (Desmarchelier 2007, Ljungberg, et al., 2007).

De acuerdo con Grandin (2010), el bienestar de los animales está comprometido a menudo por la actitud y el manejo inadecuados por parte del personal. El temor y el dolor son causas muy importantes de estrés en el ganado, que afectan a la calidad de la carne.

Las vías de contaminación que ocurren con mayor frecuencia dependen de las medidas de higiene y seguridad del personal que manipula y transporta la carne, de la limpieza de las instalaciones (rastros y planta de procesamiento), de las herramientas, y de las prácticas inadecuadas del transporte (Hernández et al., 2007, Talon et al., 2007). Es importante mencionar que el tejido muscular de la canal se considera estéril, pero las malas prácticas de manufactura, durante las operaciones mencionadas anteriormente, generan en él

cargas microbianas iniciales entre 10^2 y 10^4 UFC/cm² (Gill, 1998, Luchansky y Thippareddi, 2008).

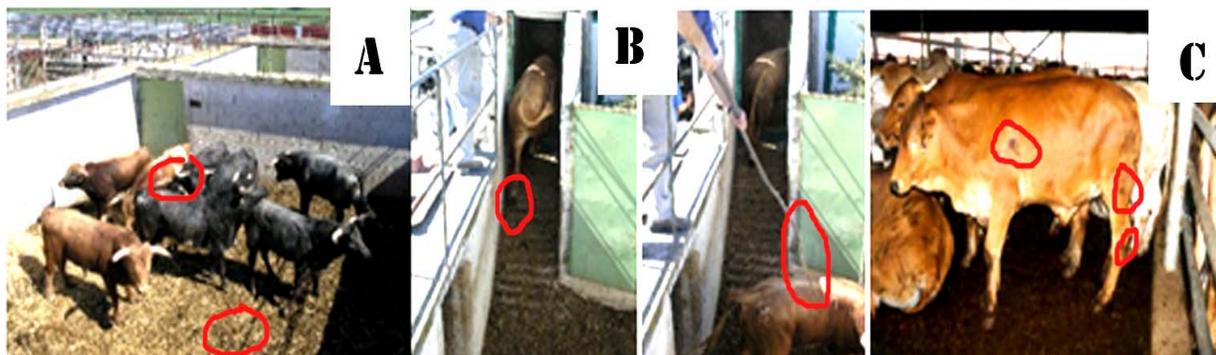


Foto 12. Malas prácticas del manejo de animales *antemortem* A). Peleas entre animales de diferentes granjas, contaminación por forraje con heces. B) Resbalones y golpes durante la carga de los animales al camión. C) Lesiones de los animales ocasionadas por golpes (Fotos FAO)

3.1.1 Estancia en la granja

Durante la estancia de los animales en la granja, éstos pueden contaminarse a través de los piensos (Foto 13). La FAO menciona que las primeras fuentes de peligros microbiológicos en los piensos son los pastizales contaminados, los forrajes y las harinas proteicas animales y vegetales suministradas directamente a los animales como alimento. También existe riesgos de contaminación por agua, estiércol, desechos orgánicos, entre otros (Foto 14) estas situaciones son vías potencialmente peligrosas de contaminación microbiana, ya que los agentes patógenos pueden sobrevivir en las heces durante periodos prolongados que van desde varias semanas a varios meses (Troy y Kerry 2010). Los estudios realizados por Prendergast et al., 2011 aseveran que existe una fuerte incidencia de contaminación fecal por *Salmonella typhimurium* en granjas de cerdos, para disminuir tales condiciones la SAGARPA establece reglas de bioseguridad para controlar el acceso del personal, vehículos, forraje y otros animales a la granja ya que de esta manera se evita que la piara sea expuesta a otros factores de contaminación.



Foto 13 A) Reses susceptibles de contaminación B) Alimento contaminado (Fotos Juana Villada)



Foto 14. Reses y vacas contaminadas con agua, orina y forraje (Fotos Juana Villada)

3.1.2 Carga y descarga de los animales .

La carga y descarga de los animales es una actividad considerada deficiente, e implica la falta de capacitación del personal y el escaso mantenimiento de las instalaciones y equipo. Durante el desembarque y arreo de los animales al área de matanza, los operarios utilizan palos, metales o bastones eléctricos, provocando lesiones en el animal (Foto 15)

Las canales hemorrágicas y con hematomas, son originadas por la ruptura de vasos sanguíneos adyacentes al músculo. Las lesiones se observan en zonas importantes de la canal (Foto 16) y no es aceptada por el consumidor. La carne con hematomas representa pérdidas económicas, no sirve como alimento y no se puede usar en la preparación de carnes procesadas; se descompone rápidamente, debido a que la carne ensangrentada es un medio ideal para el crecimiento de bacterias contaminantes (Grandin, 2007).



Foto 15).Trabajador golpeando cerdos para que avancen (Foto Juana Villada)



Foto 16. Consecuencias de los golpes en las canales. A) Canal de cerdo con marcas de golpes. B) Pierna de cerdo con hematomas. Cabeza de res con golpes. (Fotos Juana Villada).

Las fracturas son ocasionadas por pisos desgastados o lisos, que hacen que los animales resbalen y caigan, además, las rampas de carga y descarga regularmente son inadecuadas (Foto 17), (Grandin, 2010) Para evitar lesiones se recomienda que las rampas presenten una pendiente no mayor a 20° (SAGARPA, Manual de buenas prácticas pecuarias 2010).

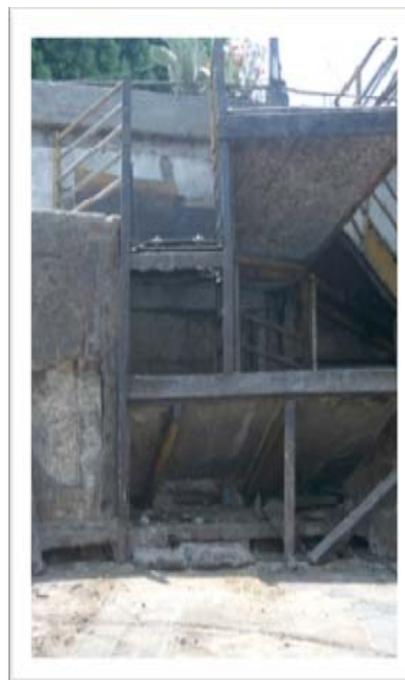


Foto 17. Rampa de desembarque de ganado, pisos desgastados de los corrales.(Fotos Juana Villada)

Las heridas, ulceraciones, laceraciones de la piel y colas rotas deben evitarse, porque de presentarse una infección bacteriana secundaria en las heridas, ello puede ocasionar la formación de abscesos y septicemia, comprometiendo así a toda la canal (Chambers, *et al.*, 2001, citado en Becerril-Herrera 2011).

3.1.3 Transporte

El transporte de animales al centro de sacrificio (rastros) es un proceso que implica la exposición del animal a una gran cantidad de estímulos estresantes (Tabla 4/ Foto 18), tanto físicos, fisiológicos y psicológicos (Knowles, 1998, citado en González-Lozano *et al.*, 2011).

Tabla 4. Factores que reducen la calidad e inocuidad de la carne durante el transporte.

Factor	Ocasionado por:	Consecuencia	Referencia
Contaminación de la piel plumas o lana, con microorganismos patógenos	Suelo contaminado de los camiones de transporte, heces fecales de los animales.	Contaminación de las canales y la carne.	Pointon et al., 2012 Narasimha, 1992. Mather et al. 2007
Estrés	Transporte prolongado, ruido hacinamiento, frío, calor, hambre, sed.	Pérdida de peso de las canales. Además provoca carne oscura, seca y firme (DFD) en carne de res cabras ovejas y conejo. Pálida, suave y exudativa (PSD) en carne de cerdo y aves.	Tarrant et al., 1992 Lambertini et al., 2006 Becerril-Herrera et al 2010 Mota-Rojas et al.,2012
Pisotones Lesiones. y Hematomas	Peleas, caídas por piso resbaladizo hacinamiento, pérdida de equilibrio, alta densidad de población	Reducción del bienestar de los animales, aumento de stress. Los consumidores rechazan la carne que presenta hematomas.	Tarrant et al., 1992
Heridas	Peleas entre animales por mezcla de grupos desconocidos y/o .manejo brusco durante la carga y descarga de los animales, acarreo de animales con cuerdas, palos o fierros	Aumento de niveles de cortisol y creatin kinasa. Difusión de microorganismos, por infecciones secundarias en las heridas (provocan septicemia comprometiendo toda la canal.)	Warriss et al., 1998. Gregory 2008. Chapinal et al., 2007 FAO
Asfixia	Alta densidad de población es decir 1.05 m ² /600 kg animal, poco espacio disponible para cambios posturales.	Muerte del animal.	Tarrant et al., 1992
Hipertermia y acidosis metabólica	Temperatura mayor a 15°para cerdos y de 32° para reses, vehículos con poca ventilación.	Muerte súbita	Chapinal et al., 2007, Gregory 2008
Insolación	Transporte en horas inadecuadas	Deshidratación, Estrés. (La exposición al sol afecta gravemente a los cerdos.)	FAO
Nauseas y vomito	Movimiento del vehículo	Contaminación	Chapinal et al., 2007
Distensión estomacal	Hacinamiento	Muerte por estallamiento de vísceras. y contaminación microbiana	FAO
Deshidratación	Transporte prolongado	Tendrán pérdida de peso y hasta pueden morir. En los animales vivos aumenta el nivel de glucosa, y creatin kinasa en el plasma sanguíneo.	FAO Mota-Rojas et al.,2012

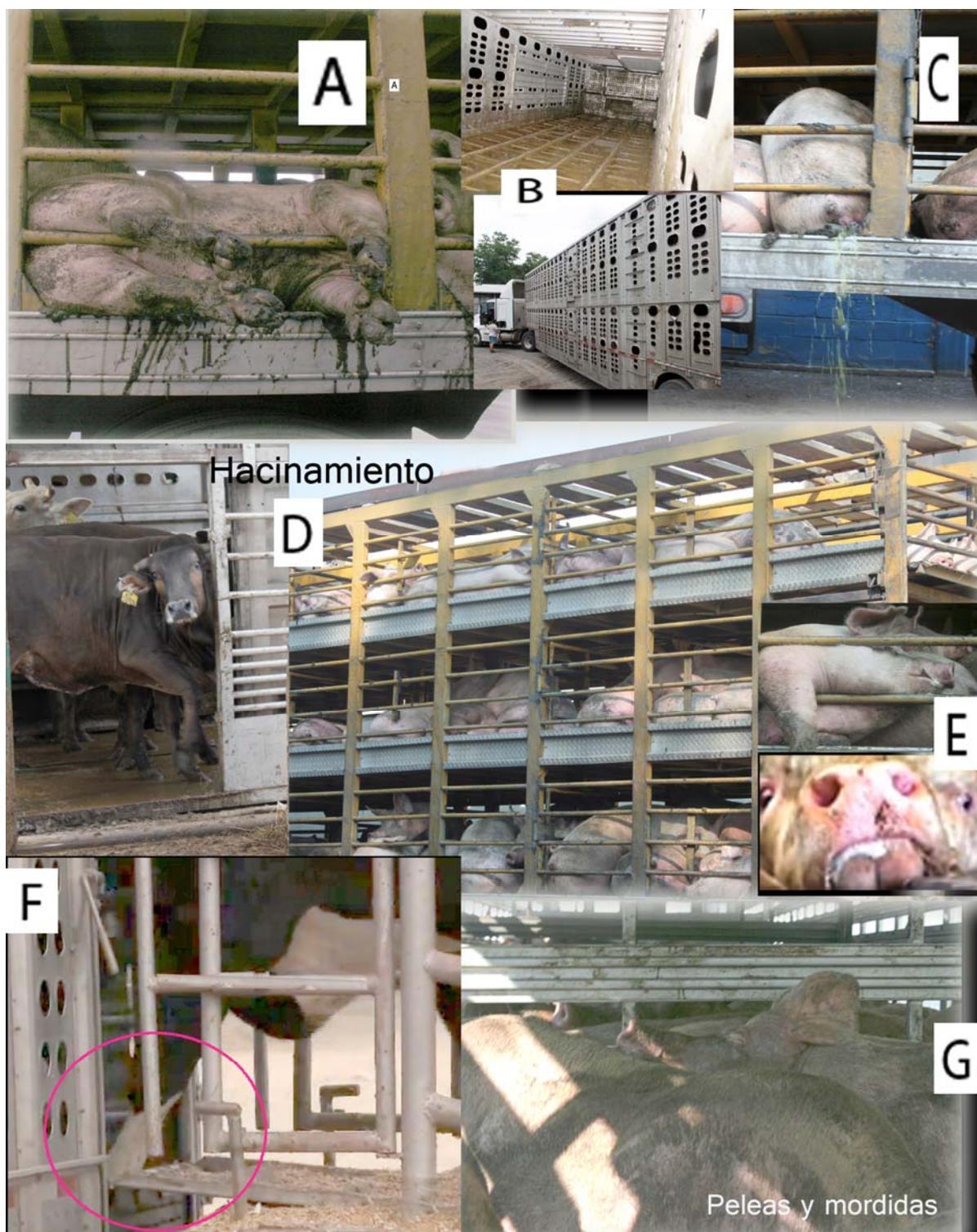


Foto 18. Malas condiciones de transporte de ganado. (Fotos Juana Villada)

- A) Animales transportados muy sucios.
- B) Transporte sucio.
- C) Contaminación por orinas y heces
- D) Hacinamiento
- E) Animales estresados y sedientos.
- F) Rampas inclinadas que les ocasionan lesiones.
- G) Peleas entre animales.

El transporte inadecuado del ganado deteriora significativamente el bienestar de éstos y repercute de manera importante en la pérdida de calidad y producción de la carne en canal (Miranda et al., 2009).

El estrés generado por las variaciones de velocidad y vibraciones del camión, el contacto con personas extrañas, la alta densidad de población, la mezcla de animales, el miedo, el hambre, la sed, los recorridos cortos o largos de transportación, (menor a 8 hrs. o mayor a 16) la humedad y las altas temperaturas causa irritabilidad en los animales y peleas entre ellos, (Foto 19) originando heridas, lesiones, exponiendo el tejido a la adherencia y difusión de microorganismos (Kadim et al., 2006, Van de Perre et al., 2010, Roldán et al., 2010).

Mota-Rojas et al., (2006) en sus estudios realizados con cerdos, menciona que la respuesta fisiológica de éstos cuando son sometidos a estrés durante el transporte deriva en fatiga, reducción de peso de hasta un 32%, e incluso la muerte cuando los factores mencionados no fueron controlados durante el trayecto o en los locales de estabulación.



Foto 19 .Consecuencias del estrés del transporte .A y B) Peleas entre animales. C y D) Heridas y fracturas ocasionadas por el hacinamiento.(Fotos Juana Villada)

El estrés en los cerdos eleva su temperatura corporal y provoca alteraciones en la canal. Si su temperatura es mayor a 40° C, el descenso del pH se acelera, dando por resultado una carne pálida, suave y exudativa (PSE). Con respecto a otras especies como las reses, ovinos y caprinos el estrés provoca carne DFD (oscura, seca y firme) que se caracteriza por un color oscuro, pH alto (cercano a 7), debido al agotamiento de glucógeno y la consiguiente incapacidad de los músculos para desarrollar un adecuado nivel de acidez *post-mortem* (Fig.14) (Mota-Rojas et al., 2006)

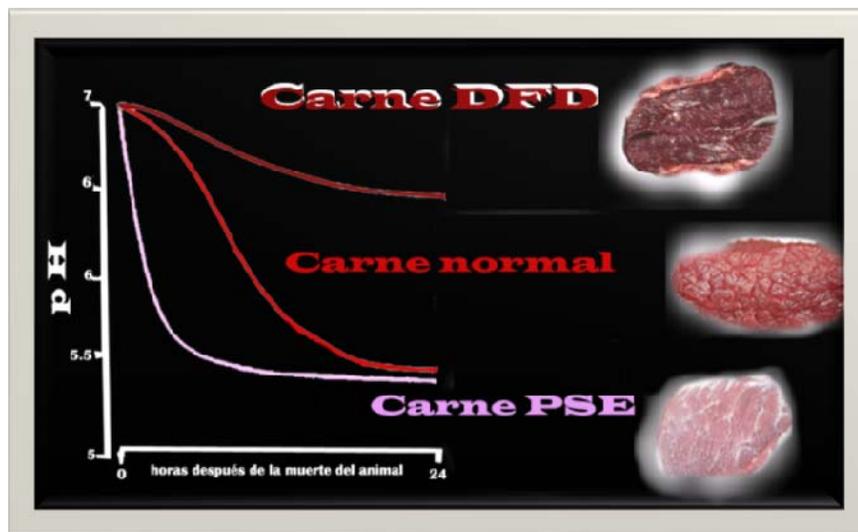


Fig.14 Curva de acidificación de los tres tipos de calidad de la carne. El pH es medido a las 24 hrs.

Es importante inspeccionar al ganado antes de ser transportado para asegurar no sean incluidos los animales no aptos y que puedan transmitir enfermedades. Para citar un ejemplo, se tienen datos sobre de la diseminación de *Salmonella* spp. por cerdos durante el transporte y en los corrales de espera (Hurd et al., 2002).

Las aportaciones de estudios con respecto al estrés generado por el transporte han demostrado que éste implica directamente a los atributos sensoriales. Por ejemplo, Mazzone et al., 2010, explica que existe una relación entre el daño celular del músculo y el estrés provocado por las condiciones de transporte, de tal manera que considera que el estrés es un parámetro significativo para la cantidad de microorganismos involucrados. Becerril-Herrera (2011), cita que esto se debe a que cambios metabólicos importantes tienen influencia en la resistencia al desarrollo microbiano. Uno de ellos es el agotamiento de glucógeno, que es el precursor de la producción de ácido láctico y en consecuencia del descenso de pH, hasta llegar a un intervalo de 5.5- 5.6, dependiendo de la especie. Al agotarse el glucógeno habría mayor cantidad de microorganismos y, consecuentemente, la carne perdería todos los atributos sensoriales que determina una buena calidad.

3.1.4 Inspección *antemortem*.

La inspección *antemortem*, es el procedimiento por el cual se revisa a los animales dentro de los corrales, para decidir si se encuentran clínicamente sanos para su sacrificio NOM-194-SSA1-2004. Mediante la inspección un médico veterinario zootecnista determina la

condición fisiológica del animal, descarta aquellos animales que muestren cualquier signo, lesión o condición que pueda representar un riesgo para la salud humana y animal o que requiera de re-inspección sanitaria, o bien, de pruebas diagnósticas para decidir su destino final.

En los estudios realizados por Ekiz et al., (2012), demuestran que es necesario que el animal antes del sacrificio no se encuentre en estado excitado, febril o fatigado, aconsejan un descanso por un período no menor a seis horas, debido a que estas condiciones pueden enmascarar enfermedades y comprometer la salud del consumidor. Warris (2003) estima que períodos cortos de reposo, de 2 a 3 horas, pueden mejorar la calidad de la carne, observándose menor presencia de carnes PSE, pero períodos más largos incrementan el porcentaje de carnes DFD. Contrario a esto, la NOM-033-ZOO-1995 enuncia:

“ Previo al sacrificio, los cerdos deben reposar como mínimo 12 horas y como máximo 24 horas en corrales de descanso, donde no se encuentren hacinados ni mezclados con piaras de diferente procedencia, para evitar las peleas entre animales y las lesiones propias de los ataques entre ellos, evitando así la depreciación de la canal”

El período de reposo de los animales en los corrales de estabulación antes del sacrificio (Foto 20), permite la recuperación de las condiciones fisiológicas perdidas durante los procesos de carga, transporte y descarga de los animales; normaliza las condiciones metabólicas, tales como la renovación de los niveles de glucógeno muscular y el tono muscular, y favorece la relajación de aquellos animales más afectados por las condiciones de manejo previas (Fischer, 1996, citado por Roldán et al., 2011). La NOM-009-ZOO-1994, refiere que el periodo mínimo de descanso para los bovinos es de 24 hrs. y máximo de 72; para los cerdos, mínimo 12 hrs y máximo 24. El tiempo de reposo podrá reducirse a la mitad del mínimo señalado cuando el ganado provenga de lugares cuya distancia sea menor de 50 kilómetros. Los animales deben tener agua en abundancia para beber y ser alimentados cuando el período de descanso sea superior a 24 hrs.



Foto 20. Reses reposando en corrales del rastro. (Fotos Juana Villada)

3.1.5 Lugares de sacrificio de animales de abasto.

Los rastros o mataderos, son los establecimientos en los que se sacrifican y faenan animales para abasto, deben cumplir con algunas características y dimensiones particulares, de manera que faciliten el adecuado funcionamiento de este servicio público (Foto 21) y que su operación se realice en condiciones higiénicas y sanitarias que satisfagan los requisitos necesarios para el consumo humano de carne (Signorini 2005).



Foto 21. Instalaciones de rastro frigorífico TIF 101

3.1.5.1 De su ubicación e instalación:

Deberá localizarse en la periferia de las áreas urbanas, preferentemente en sitios que tengan facilidad de acceso a las zonas de recepción y embarque, así como a la unidad de producción, principalmente carreteras. Deberán estar alejados de fuentes de contaminación que afecten el desarrollo de sus actividades, tales como basureros, plantas de tratamiento de aguas negras e industrias que generen proliferación de humos y cenizas. (Foto 22). En el caso ilustrado, se aprecia claramente la falta de cumplimiento de esta disposición.



Foto 22. Obrador TIF junto a un canal de aguas negras.(Foto Juana Villada)

Deberán contar, como mínimo con dos áreas cerradas, una sucia y una limpia; además de corrales, área de desembarque de animales y área de carga de canales y vísceras. La entrada a las áreas sucia y limpia debe contar con vado sanitario con dimensiones suficientes (Foto 23) que permitan la desinfección del calzado de los operarios (NOM-194-SSA1-2004).

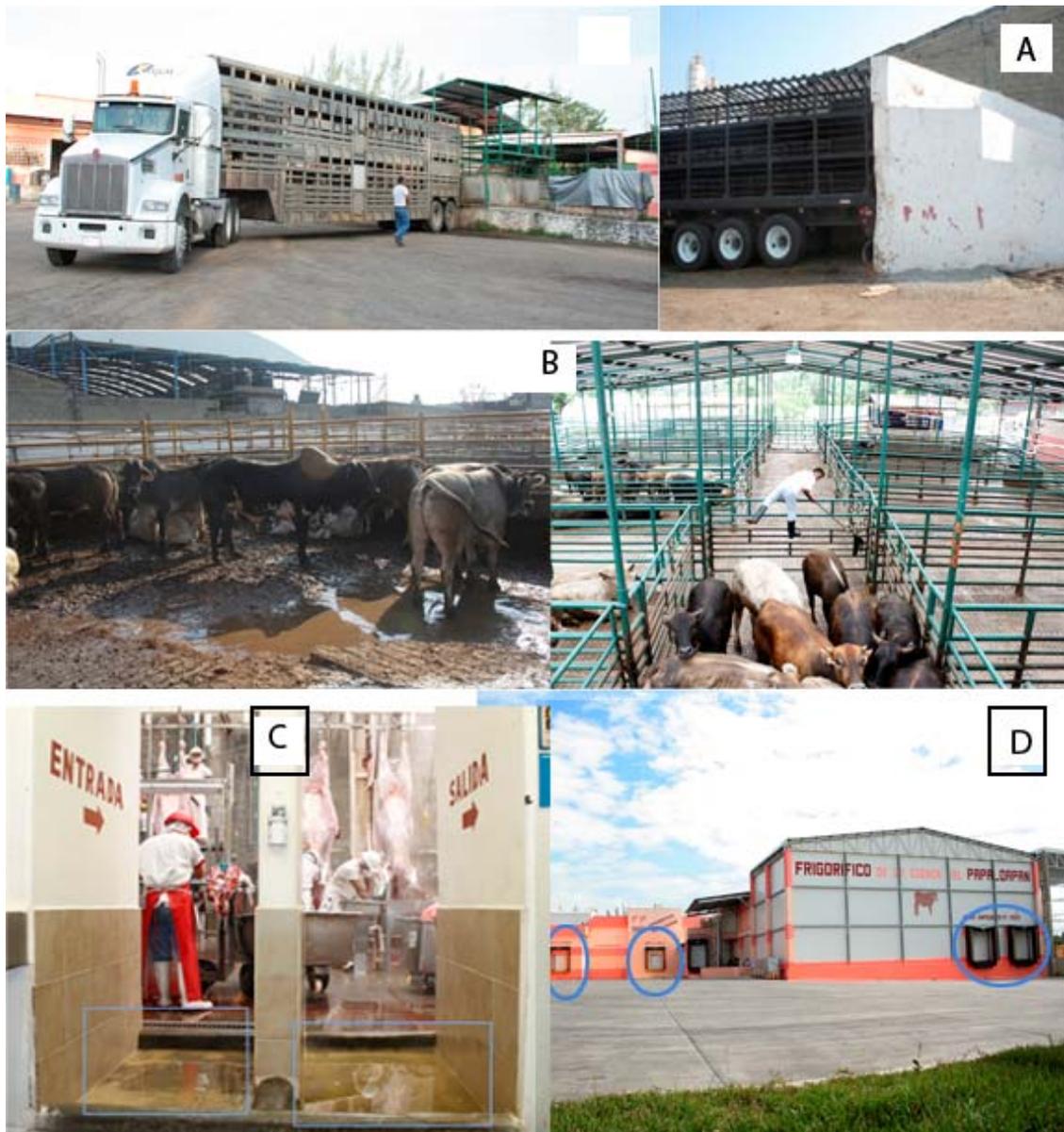


Foto 23 Áreas del rastro. A) Área de desembarque de ganado. B) Corrales de estabulación. C) Vado sanitario. D) Áreas de carga de canales, vísceras y producto terminado (Fotos Juana Villada)

3.1.5.2 Áreas sucias.

Comprenden las operaciones de baño *antemortem*, secado y escurrimiento, cajones de insensibilización, desangrado, cuereado, escaldado, rasurado y eviscerado (Foto 24). Debe contar con una rampa con piso antiderrapante que evite la caída de los animales y una altura que se adapte a los diferentes niveles de los vehículos que los transportan, así

mismo, con un área identificada, con toma de agua y drenaje para el lavado y desinfección del transporte (NOM-194-SSA1-2004).



Foto 24 Áreas sucias. A) Área de corrales. B) Baño *antemortem*. C) Cajón de insensibilizado. D) Área de izado. E) Desangrado. F) Despielado. G) Eviscerado. H) Lavado de vísceras. (Fotos Juana Villada)

3.1.5.3 Áreas limpias:

En esta zona se realizan operaciones de lavado, inspección *postmortem*, corte, lavado y almacenamiento; estas áreas deben contar con equipo cuya ubicación y altura evite que las canales tengan contacto con el piso y paredes (Foto 25)



Foto 25. Áreas limpias A) Serrado de canales. B) Inspección *postmortem*. C) Lavado de canales D) Aspirado de canales E) Pasillo de cámaras de refrigeración F) Cámaras de refrigeración. (Fotos Juana Villada)

El objetivo de dividir las zonas en las que se sacrifican los animales es facilitar las buenas prácticas de higiene, evitando la contaminación cruzada durante las operaciones y llevar a cabo una limpieza, desinfección y mantenimiento eficaces durante las operaciones y entre ellas reduciendo en medida de lo posible la contaminación de la carne (Signorini 2006)

La situación práctica difiere mucho de lo antes mencionado. El control sanitario de los establecimientos dedicados a la matanza de animales para consumo humano en México, es deficiente, (Tabla 5) derivado de la falta de instalaciones y equipos modernos (Foto 26), malas condiciones de aseo en locales donde se faenan las canales, mesas de trabajo, insuficiente limpieza de utensilios e indumentaria de trabajo, descuido en los servicios sanitarios destinados al uso de los empleados (Foto 27) y falta de estrategias para evitar la proliferación de fauna nociva (Signorini 2006).

Tabla 5. Deficiencias de los establecimientos dedicados a la matanza (Signorini 2006).

Condición	Rastros		Mataderos	
	Sí	No	Sí	No
Inspección <i>ante-mortem</i>	81.0%	19.0%	62.2%	37.8%
Bañado pre matanza	37.1%	62.9%	14.2%	85.8%
Equipo mecánico para separación de la piel	49.3%	50.7%	9.4%	90.6%
Lavado de canales	90.8%	9.2%	86.8%	13.2%
Refrigeración de vísceras	22.1%	77.9%	7.0%	93.0%
Esterilización de cuchillos	25.2%	74.8%	15.3%	84.7%
Faenado aéreo	69.0%	31.0%	44.9	55.1%
Identificación de vísceras	87.5%	12.5%	72%	27.7%
El personal cuenta con vestimenta de trabajo.	78.6%	21.4%	56.1%	43.9%
Capacitación para el cuidado de la salud.	70.1%	29.9%	45.1%	54.9%



Foto 26. Instalaciones deficientes de rastros en el país.
A) Inexistencia de piso y techo en los corrales de estabulación.
B) Utilización de agua no potable (Fotos COFEPRIS)
C) Pésima higiene de instalaciones y mal manejo de vísceras (Foto Juana Villada).



Foto 27 Herramientas e instalaciones sucias. A) Utilización de los mismos cuchillos para todas las canales.
B) sierra eléctrica sucia. C) Servicios sanitarios deficientes (Fotos A Y B Juana Villada. C) Fotos COFEPRIS)

3.2 SACRIFICIO Y FAENADO

Este proceso incluye etapas como la insensibilización, desangrado, cuereado, eviscerado, lavado de canales e inspección *postmortem*, donde las buenas prácticas de manufactura son indispensables para la inocuidad de la carne, de su buena realización depende el tiempo de vida útil de la carne y la garantía de una materia prima de calidad para productos cárnicos.

3.2.1 Insensibilización

Todos los animales de abasto, llevados al cajón de sacrificio, deben ser sacrificados humanitariamente sin demora alguna, previa insensibilización (Fig.15). Se basa en una perturbación de los sentidos ocasionado por un golpe u otra causa física, para dejar inconciente al animal antes de su sacrificio (Foto 28), con el fin de evitar el dolor, el estrés y la incomodidad del procedimiento (Grandin 2003).

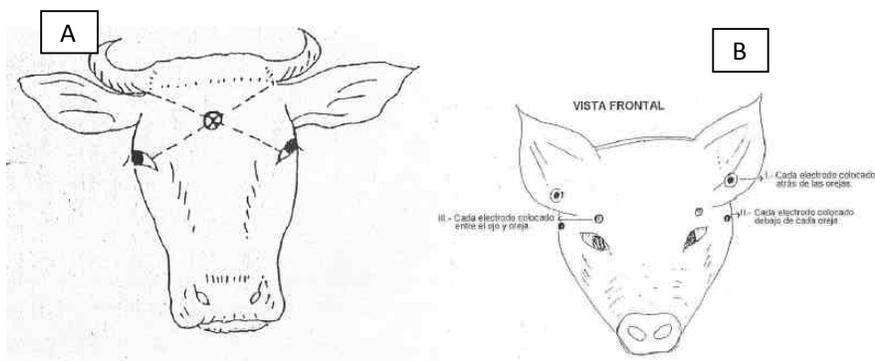


Fig. 15. Zonas de aplicación del insensibilizado A) insensibilización con pistola de perno cautivo para bovinos, punto de aplicación del disparo. B) Electroinsensibilización en cerdos, aplicación de las pinzas que corresponden a los electrodos (NOM-033-Z00-1995)

Contrario a esto Becerril-Herrera *et al.*, (2009) observaron que, la mayoría de los métodos de aturdimiento aumentan los niveles de catecolaminas, cortisol, endorfinas, lactato, glucosa, calcio, magnesio y proteínas del plasma, entre otros; las alteraciones de los niveles de estos componentes pueden ser indicadores precisos de que el bienestar animal se encuentre comprometido (Mota-Rojas *et al.*, 2009).

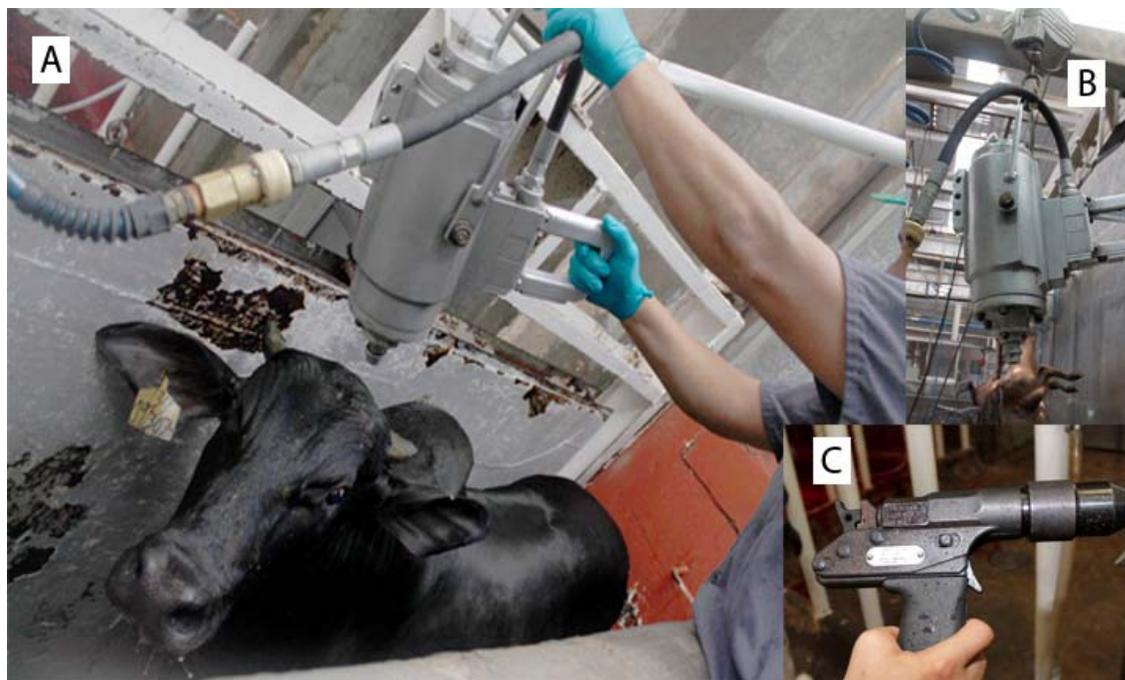


Foto 28. Res en el cajón de insensibilizado. B) Pistola neumática para insensibilizar reses. C) Pistola de perno cautivo (Fotos Juana Villada).

3.2.2 Desangrado

El desangrado es la parte del proceso de matanza donde los principales vasos del cuello son cortados para provocar el drenado de la sangre (Foto 29) lo cual resulta en la muerte del animal por anoxia cerebral y fallo cardiaco. Las incisiones deben ser rápidas y precisas. Se deberá realizar dentro de los 30 segundos después de practicada la insensibilización (NOM-033-Z00-1995). El corte incompleto de los vasos sanguíneos ocasiona un sangrado insuficiente y provoca un aumento de la presión sanguínea, con ruptura de los vasos, causando hemorragias musculares y retención excesiva de sangre en los tejidos. La mala realización de ésta práctica repercute en el deterioro de la carne por dos motivos principales:

- a) Inadecuada apariencia de la carne, por la excesiva cantidad de sangre retenida en los tejidos.
- b) La sangre es un caldo de cultivo para los microorganismos y por lo tanto, una pronta descomposición de la carne, sobre todo si existe contaminación cruzada con suciedad de la piel.

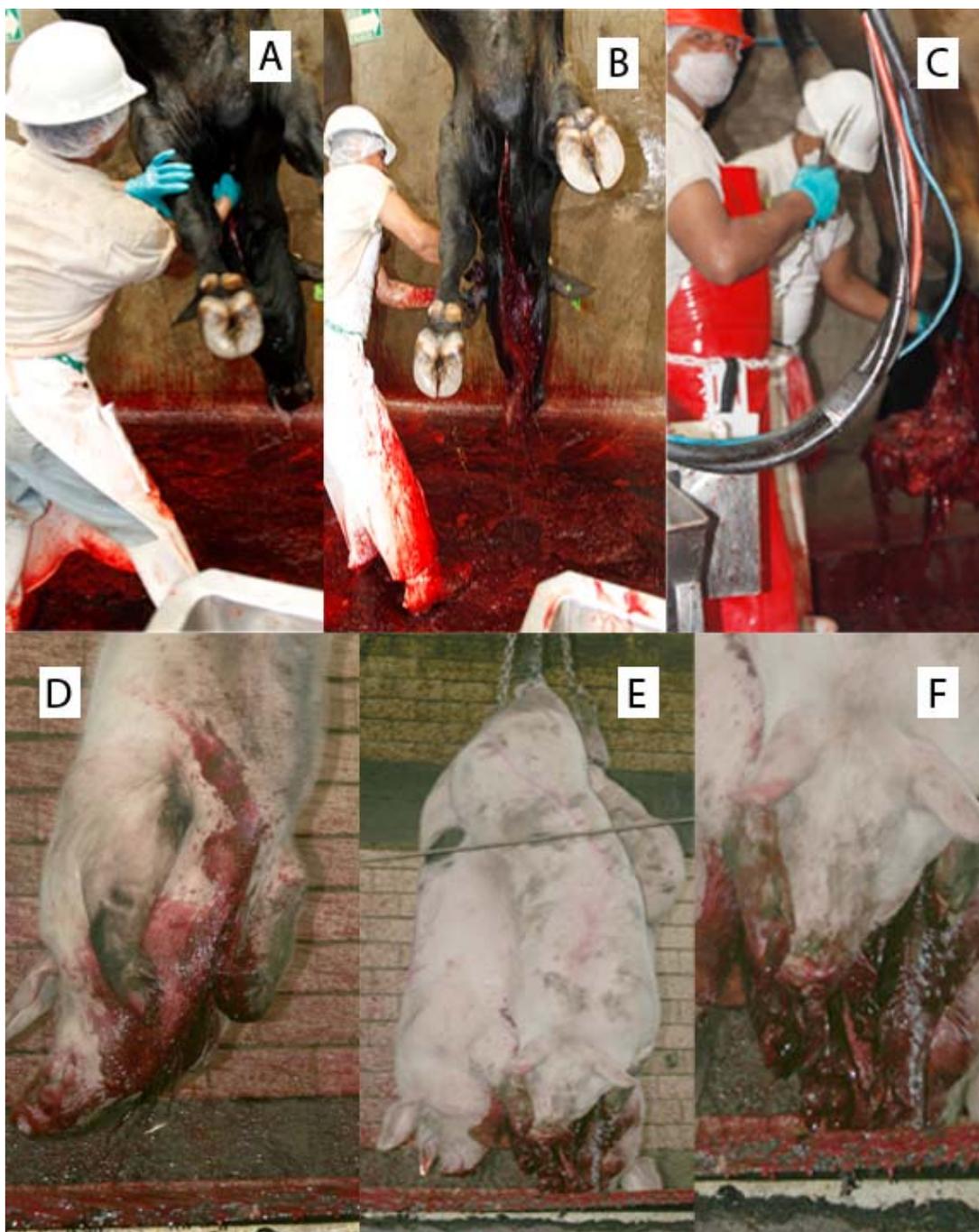


Foto 29 Proceso de Sangría de reses y cerdos.

A y B) Sección de los vasos sanguíneos a la entrada del pecho.
.C) Estimulación eléctrica para un mejor proceso de desangrado.
D) Sangría de cerdo sin insensibilizado, puede observarse las manchas por sacudirse.
E y F) Cerdos amontonados durante la sangría provocando contaminación cruzada.
(Fotos Juana Villada).

3.2.3 Cuereado o despielado.

Después del proceso de desangrado y producida la muerte del animal, se extrae el cuero (Foto 30), en esta operación, se debe evitar que la contaminación que acompaña al pelo y la piel de los animales pase a los tejidos grasos y musculares de los animales, ya que, se encuentran generalmente asociados con un alto número de microorganismos y son fuente significativa de contaminación microbiana de las canales y la carne (Rosmini 2006).

Serraino et al., 2012 observaron una correlación entre el grado de suciedad de los animales y la contaminación de las canales, citan que la fuente de contaminación es de la cama de paja que ponen a los animales, el suelo, la tierra y las heces fecales, además de que el pecho y el costado es la zona más contaminada porque los animales se acuestan y esto genera un aumento en la carga microbiana de microorganismos patógenos como *Escherichia coli* O157: H7, *Salmonella* spp., *Campylobacter* spp. y *Listeria monocytogenes*.

Rodriguez –Calleja et al., (2006) mencionan que los animales que llegan a los rastros y mataderos con frecuencia son portadores de *S. aureus*, ya que algunos presentan mastitis, dermatitis exudativa, abscesos y pododermatitis por lo cual el microorganismo se encuentra comúnmente en las canales y cortes. Además de que el ser humano también es portador, especialmente si existe un alto nivel de manipulación y hay poca higiene está implicado el riesgo de contaminación durante el proceso, entre canales y los cortes de transformación de la carne, el medio ambiente y las herramientas de trabajo. También se han encontrado cepas de *Brochotrix thermosphacta* en el pelo y piel de los animales que por consecuencia contaminan las canales, las herramientas y a los trabajadores (Nychas et al., 2008). La NOM-194-SSA1-2004 establece que:

“Todos los animales deben ser bañados antes de su ingreso al área de sacrificio, excepto los caídos, los ovinos de lana y las aves domésticas”.

Con el fin de reducir carga microbiana, ya que de esta manera se elimina o reduce la suciedad presente en el cuero de los mismos (restos de excremento, orina, alimento, secreciones, ectoparásitos, etc.) y evita que al momento del sacrificio, haya una contaminación excesiva tanto de las instalaciones como de las canales, y los

subproductos (Sheridan 1998, Yalcin et al., 2001, Yalcin et al., 2004, Kommarie et al., 2005, Arthur et al., 2010, Serraino 2012).



Foto 30. Proceso de despielado (Fotos Juana Villada).

- A) Animal sucio que representa posible fuente de contaminación a los tejidos internos.
B) Inicio del despielado manual. C) Colocación de ligas para evitar la contaminación cruzada de la piel ya desprendida con tejidos internos. D) Canal sujeta para evitar desgarres al momento del despielado mecánico. E) Despielado de la zona perianal. F y G) Despielado mecánico. H) Sierra utilizada para facilitar el desprendimiento de la piel (Fotos Juana Villada).

3.2.4 Depilado

Las aportaciones de Yu y Palumbo 2000 mencionan que el proceso de depilado y escaldado representa un riesgo de contaminación de las canales, aunque el escaldado se realiza en un baño de agua a una temperatura de 58.3-60.6° C y esto permite la disminución de mesófilos aerobios y bacterias psicrotrofas de la piel de los cerdos, no es suficiente para evitar la contaminación de las canales, pues es frecuente encontrar bacterias gram negativas psicrotrofas como *E. Coli*, *Salmonella* spp y *Campylobacter* spp., después del depilado, atribuyendo la contaminación a la piel de los animales, las máquinas de depilado y al rehúso de agua de las tinas de escaldado (ya que ésta se cambia hasta el final de la jornada) (Foto 31).



Foto 31. Contaminación de equipo de escaldado y depilado.
A) Agua de tina de escaldado contaminada. B) Máquina de depilado de cerdos.
(Fotos Juana Villada).

3.2.5 Evisceración

Constituye la segunda gran posibilidad de contaminación de la carne, por materia fecal, peligro de igual gravedad que la etapa del cuereado descrita anteriormente. Se debe realizar en un lapso menor a 30 minutos, a partir del momento en que ha sido sacrificado el animal (NOM-009-ZOO-1994). Aquí la inspección debe analizar las buenas prácticas de manipulación de las menudencias y de ligadura del esófago y recto (Foto 32) para evitar la contaminación de la canal con el contenido gastrointestinal, si esto ocurre, la canal debe retenerse para eliminar la contaminación con el cuchillo, haciendo cortes en las áreas afectadas y lavarse inmediatamente con agua (NOM-194-SSA1-2004, Gregory 2008). La carga microbiana de los intestinos de los animales es de gran importancia por su patogenicidad, y cuanto mayor sea la carga microbiana del intestino del animal mayor será la invasión a las canales (De Smet et al., 2009) Esta es la razón por la que se recomienda un ayuno de 24 horas, antes del sacrificio (Gregory 2008). En un trabajo de Botteldoorn et al., 2003 realizado con cerdos y cinco diferentes rastros, se encontró que las canales son contaminadas con bacterias del género *Salmonella*, en un 37% de las muestras, los serotipos encontrados predominantemente en colon y en el ambiente del rastro fueron *Typhimurium*, *Livingstone*, y *Derby*, donde *Salmonella Typhimurium* fue la que se aisló de manera predominante, encontrada en un 71% de las canales; con respecto a los rastros se encontró diferencia significativa en el análisis estadístico, debido a las diferentes prácticas de manufactura.

Schelegova 2004 encontró que las canales eran contaminadas después de la evisceración con, *E.coli*, el 67.1% y el 52% con *Staphylococcus* coagulasa negativa. De Smet et al., (2009) realizaron estudios en dos rastros muestreando las canales después de la evisceración y encontró que el 37 % de éstas eran contaminadas con *Arcobacter* además que *Arcobacter butzleri* fue la especie más frecuentemente aislada de la superficie de las canales, no encontrando diferencia significativa entre ambos rastros.

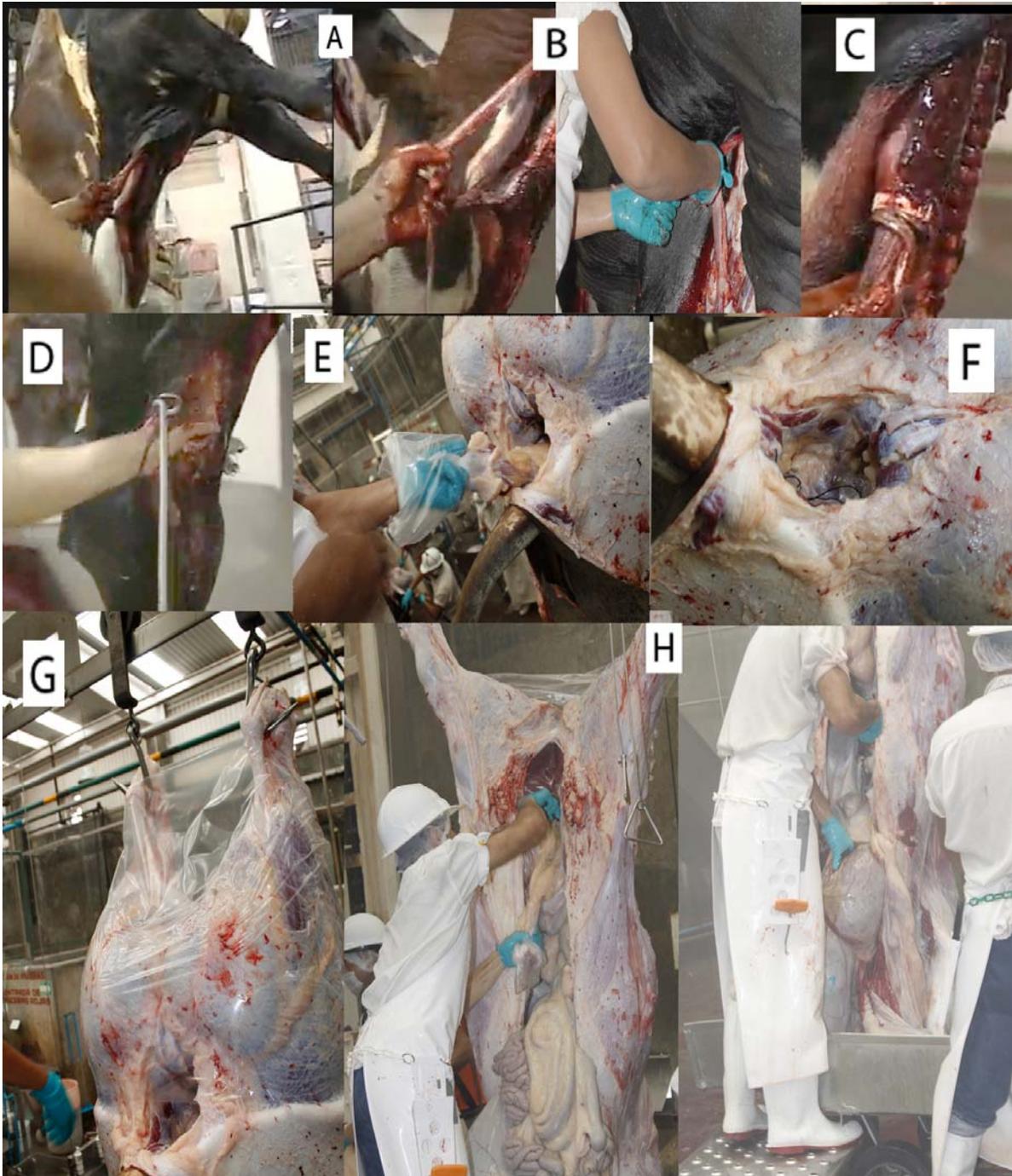


Foto 32 Proceso correcto de evisceración de reses. (Fotos Juana Villada)

- A) Operario jalando el esófago para separarlo de los tejidos
- B) Anudado del esófago para evitar la salida de contenidos estomacales e intestinos y evitar la contaminación.
- C) Esófago hinchado por ingesta, con la ayuda de la varilla se ayuda al contenido de ingesta a llegar al estómago.
- D) Varilla auxiliar para subir el nudo hasta la zona del estómago
- E) Colocación de una bolsa al recto y atado para evitar la salida de los contenidos del tubo digestivo.
- F) Recto cubierto, atado e introducido en la cavidad de la res.
- G) Colocación de una bolsa para evitar contaminación.
- H) Eviscerado realizado de manera correcta sin salida de contenido.
Puede observarse que las vísceras son depositadas en carritos de acero inoxidable para su posterior análisis.

3.2.6 Lavado de canales

Las canales deben ser lavadas mediante chorros de agua a presión, (Foto 33) de preferencia caliente (70°C), lo que permite eliminar, por arrastre, los posibles focos de contaminación (pelo, plumas, heces, etc.) (Signorini 2006).

En un trabajo realizado por Yalcin et al., 2001 con reses, observó que hubo un aumento significativo en la cuenta bacteriana de coliformes, de las canales después de su lavado, esta observación es muy importante porque después de la evisceración se determinó $10^{0.1}$ UFC/cm² y esta etapa es considerada como crítica, pero después del lavado se observó una carga microbiana mayor, 10^1 UFC/cm², esto puede ser explicado porque los trabajadores pueden contaminar las canales al momento de llevarlas al proceso de refrigeración si éstas son llevadas con las manos por lo que aportan una carga adicional de microorganismos. Narashima 1992 demostró que el ser cuidadosos durante la etapa de la evisceración seguido del lavado de las canales, reduce la carga microbiana. Es muy importante verificar que el agua utilizada en este proceso sea potable para evitar la contaminación de las canales. El lavado debe ser, únicamente, a presión (efecto físico), sin utilizar ningún utensilio, trapo, etc. Ya lavadas las canales deben orearse previamente a su refrigeración con el propósito de facilitar los procesos bioquímicos que se dan en los músculos *post-mortem*, los cuales se transformarán en carne (Signorini 2006)



Foto 33. Lavado de canales A) rastro municipal. B) Rastro TIF (Fotos Juana Villada).

3.3 INSPECCIÓN *POSTMORTEM*.

Después de la evisceración, las canales, cabezas y vísceras deben ser sometidas a un examen macroscópico (Foto 34). Debe incluir: inspección visual y palpación, y dependiendo de la especie, incisión de los nódulos linfáticos. En todas las especies de mamíferos las partes y órganos a inspeccionar deben ser: cabeza, pulmones, corazón, hígado, estómago, intestinos, bazo, útero, riñón, mamas (glándulas mamarias), testículos; nódulos linfáticos o linfocentros: mandibular, parotídeo, retrofaríngeo, cervicales superior, profundos craneales, medio, caudal, traqueobronquial, lumbar, renal, ilíaco, mamario, mediastínico, subilíaco, poplíteo, iliofemoral, y hepático (NOM-194-SSA1-2004).



Foto 34 Inspección *postmortem*. A) Supervisor revisando lengua de res. B) Inspección *postmortem* de cabezas. C) Inspección de vísceras verdes. D) Inspección de canales. E y F) Revisión de vísceras (Fotos Juana Villada)

3.4 REFRIGERACIÓN.

Después de obtener la canal, esta se trasfiere a una sala de enfriado donde se reduce la temperatura de 10 a 4°C en los rastros TIF la canal ya enfriada se mueve hacia otras salas especializadas en cortes, donde se troza en los cortes comerciales, (Foto 35), con o sin hueso, se empaquetan y se enfrían o congelan Guerrero-Legarreta 2011).



Foto 35 Refrigeración y corte de canales.
Canales de reses en cámara de refrigeración y su posterior destazado (Fotos Juana Villada).

Lo anterior se fundamenta en que la refrigeración constituye el proceso tecnológico más generalizado para retardar la alteración de la carne, opera seleccionando, de entre toda la microbiota contaminante, a los microorganismos capaces de desarrollarse a bajas temperaturas, por lo tanto, los microorganismos competentes a bajas temperaturas serán los principales responsables de la alteración de la carne (López 2004) como *Listeria monocytogenes* y *Pseudomonas spp.* Estas bacterias limitan la vida útil de la carne refrigerada, crecen en la superficie de la carne, generan malos olores y, con frecuencia, favorecen la formación de limo en la superficie de la carne (Muchenje 2009).

Las *Pseudomonas* preferentemente metabolizan la glucosa y cuando su concentración se agota comienzan a degradar las proteínas, lo que da lugar a la formación de amoníaco, aminas y sulfuros generando el característico mal olor (Koutsoumanis et al., 2008) (Tabla 6).

El deterioro es muy similar en todas las carnes de las especies de abasto, conservadas en refrigeración y aerobiosis (López 2004).

Tabla 6. Defectos producidos por las bacterias en las carnes. (Koutsoumanis et al., 2008)

Defecto	Producto cárnico	Bacteria
producción de mucosidad o limo	todas las carnes	<i>Pseudomonas, Lactobacillus, Enterococcus, Weissella, Brochothrix, Lactobacillus.</i>
Producción de H ₂ O ₂	todas las carnes	<i>Weissella, Leuconostoc, Enterococcus,</i>
Producción de H ₂ S color verde	carnes empacadas al vacío	<i>Shewanella</i>
Producción de H ₂ S olor a azufre	carnes curadas empacadas al vacío	<i>Vibrio, Enterobacteriaceae</i>
Olor a col	Tocino, carne sin empacar	<i>Providencia, Pseudomonas</i>
Putrefacción	jamones	<i>Enterobacteriaceae, Proteus</i>
Sabor agrio	jamones	Bacterias ácido – lácticas, <i>Enterococcus,</i>

La temperatura de almacenamiento se desvía frecuentemente de las especificaciones (Foto 36) y esto es generalmente reconocido por industriales, comerciantes e incluso las autoridades de alimentos (Ellouze-Augustin 2010). La cadena de frío no debe interrumpirse bajo ninguna circunstancia, pues se considera que -10°C es la temperatura mínima a la que se puede producir crecimiento bacteriano (López 2004).

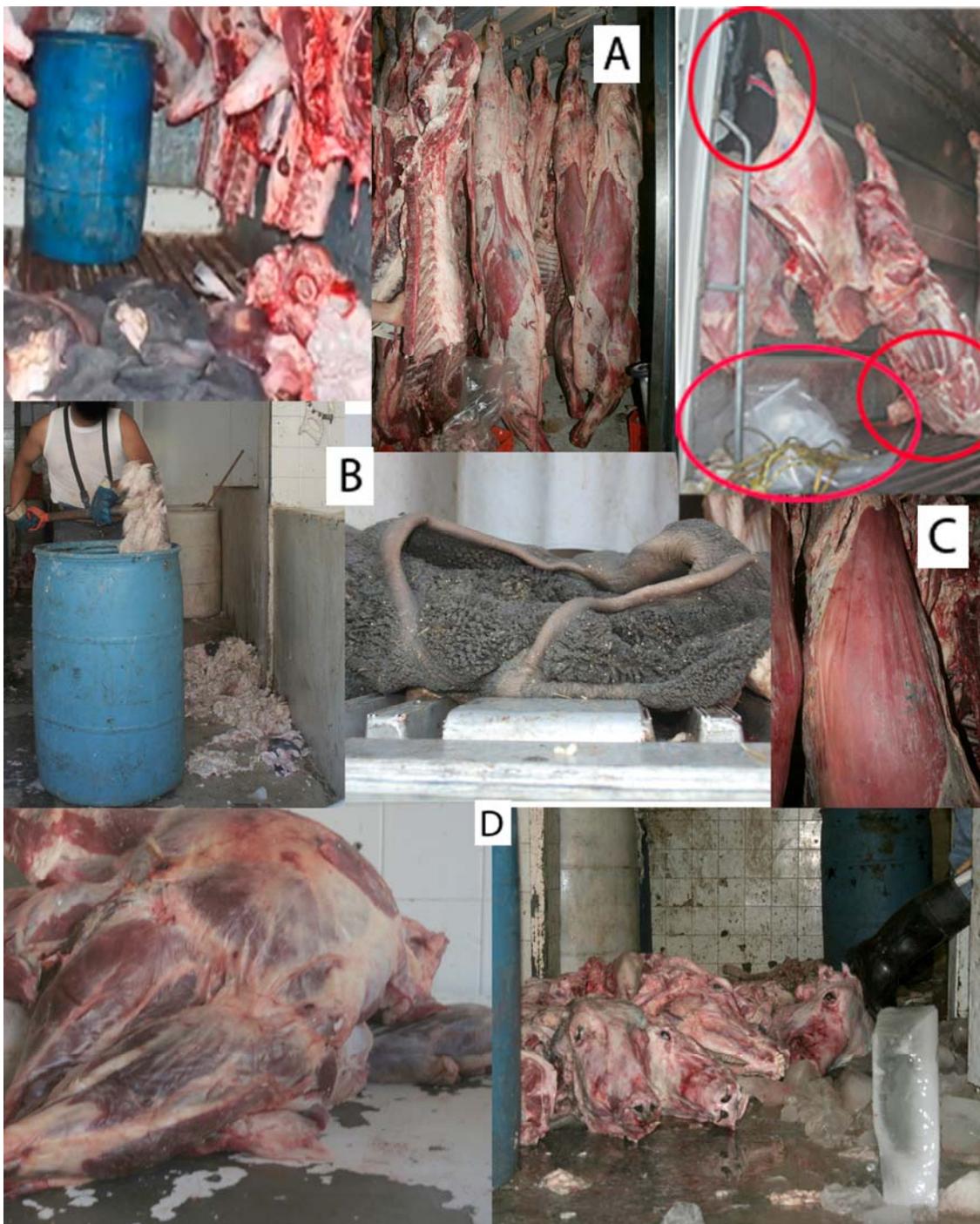


Foto 36. Desviaciones de temperatura en el almacenamiento de la carne.

A) Cámaras de refrigeración con diferentes tipos de carne mezcladas y objetos.

B) Visceras tiradas en el piso.C) Canales oreadas a temperatura ambiente.

D) Carne y cabezas tiradas en el piso (Fotos Juana Villada)

3.5 ALMACENAMIENTO Y MADURACIÓN

La carne presenta una microbiota inicial heterogénea (Tabla 7) y durante el proceso de matanza pueden incorporarse microorganismos de diversos tipos. El crecimiento posterior de tales contaminantes se ve restringido cuando se emplean tecnologías como envasado al vacío, en combinación con la refrigeración (Foto 37)

Tabla 7. Géneros de bacterias encontradas comúnmente en carnes y aves de corral (Nychas 2008).

Microorganismo	Reacción Gram	Carne fresca	Carne procesada	Microorganismo	Reacción Gram	Carne fresca	Carne procesada
<i>Achromobacter</i>	-	X ^a	-	<i>Kluyvera</i>	-	X	-
<i>Acinetobacter</i>	-	XX ^a	X	<i>Kocuria</i>	+	X	X
<i>Aeromonas</i>	-	XX	X	<i>Kurthia</i>	+	X	-
<i>Alcaligenes</i>	-	X	-	<i>Lactobacillus</i>	+	XX	X
<i>Alteromonas</i>	-	X	X	<i>Lactococcus</i>	+	X	-
<i>Arthrobacter</i>	+	X	X	<i>Leuconostoc</i>	+	X	X
<i>Bacillus</i>	+	X	X	<i>Listeria</i>	+	X	X
<i>Brochothrix</i>	+	X	X	<i>Microbacterium</i>	+	X	X
<i>Campylobacter</i>	-	X	-	<i>Moraxella</i>	-	X	X
<i>Carnobacterium</i>	+	X	-	<i>Paenibacillus</i>	+	X	X
<i>Chromobacterium</i>	+	X	-	<i>Pantoea</i>	-	X	-
<i>Citrobacter</i>	+	X	-	<i>Proteus</i>	-	X	-
<i>Clostridium</i>	+	X	-	<i>Providencia</i>	-	X	X
<i>Corynebactenum</i>	+	X	X	<i>Pseudomonas</i>	-	XX	X
<i>Enterobacter</i>	-	X	X	<i>Shewanella</i>	-	X	X
<i>Enterococcus</i>	+	XX	X	<i>Staphylococcus</i>	+	X	X
<i>Escherichia</i>	-	X	-	<i>Streptococcus</i>	+	X	X
<i>Flavobacterium</i>	-	X	-	<i>Vibrio</i>	-	X	-
<i>Hafnia</i>	-	X	X	<i>Weissella</i>	+	X	X
<i>Janthinobacterium</i>	-	-	X	<i>Yersinia</i>	-	X	-
<i>Klebsiella</i>	-	X	-				

X^a se sabe que se encuentran, xx más frecuentemente aisladas



Foto 37 Empacado de carne al vacío (Foto Juana Villada)

Estas condiciones promueven un ambiente en el que sólo aquellos microorganismos capaces de crecer a bajas temperaturas y en ausencia de oxígeno pueden proliferar, organismos psicrótrofos que incluyen especies capaces de causar enfermedad y/o deterioro de la carne, por ejemplo, *Listeria monocytogenes*, *Brochothrix thermosphacta* y *Clostridium estertheticum* (Jones et al., 2008).

El envasado al vacío de carnes frescas proporciona vida útil suficiente para cortes primarios durante el almacenamiento a largo plazo y permite trasladarlo por todo el mundo (Foto 38) (Franco et al., 2009).



Foto 38. Marca cárnica de exportación, empacada al vacío para su traslado (Fotos Juana Villada)

El efecto de conservación mejora cuando el sistema de refrigeración es combinado con un sistema de envasado en atmosferas modificadas (empaquete con uso de CO₂ enriquecido y disminución de O₂) tiene un efecto selectivo sobre el crecimiento de muchos microorganismos, por ejemplo los altos niveles de CO₂ suprimen el crecimiento de las bacterias aerobias patógenas, tales como *Pseudomonas* spp., por lo tanto, en la carne envasada en atmosferas modificadas, las bacterias del ácido láctico y *Brochothrix thermosphacta* generalmente constituyen la parte principal de la población microbiana (Säde et al., 2012). También se encuentran Enterobacterias, pero su concentración es generalmente baja en relación con las bacterias ácido lácticas. Las Enterobacterias pueden jugar un papel clave en el deterioro de la carne debido a su capacidad para metabolizar aminoácidos y generar compuestos volátiles malolientes tales como diaminas y compuestos sulfúricos.

Es de señalar que las bacterias alterantes que crecen en la superficie comienzan a utilizar sustratos de “segunda preferencia” cuando en el espesor del músculo todavía hay abundancia de sustratos de “primera preferencia” (Gill 1976). En el crecimiento aerobio, con una concentración de aproximadamente 100 µg/g de sustrato de uso preferente (glucosa), la superficie del músculo puede soportar una carga bacteriana de aproximadamente 10⁸ bacterias/cm² antes de comenzar a consumir sustratos secundarios, mientras que en anaerobiosis, la fermentación es menos eficaz y, con la misma concentración de glucosa, sólo se alcanza una concentración de 10⁷ bacterias/cm² (Gill 1983), lo que quizás explique por qué se mantiene la tasa de bacterias lácticas a ese nivel durante semanas en la carne envasada a vacío. Comprender estas interacciones puede ayudar a optimizar el control de calidad de la carne fresca y sus productos, así como la extensión de su vida útil (Nychas 2008).

3.6 DISTRIBUCION Y COMERCIALIZACIÓN DE LACARNE

Durante la distribución y la comercialización de la carne es importante tener en cuenta la temperatura y las condiciones de manipulación durante todo el tiempo que dure el transporte y distribución. La carne es un medio ideal para el crecimiento microbiano y las consecuencias de su contaminación pueden ser fatales, tanto para los consumidores como para los productores. Los comerciantes tienen pérdidas significativas por la descomposición de la carne y los consumidores comprometen su salud. El peligro es mayor en los trópicos (Foto 39)



Foto 39. Venta de carne en el puerto de Acapulco (Fotos Juana Villada)

Cuando no se dispone de refrigeración, tradicionalmente la carne se vende al por menor en un plazo de doce horas, contadas desde la matanza (FAO) (Tabla 8).

Tabla 8. Tiempo de duración de la carne en almacén (FAO, 2013)

Tipo de carne	Duración prevista en almacén a -1°C
VACA	Hasta 3 semanas
CERDO	1 – 2 semanas
DESPOJOS COMESTIBLES	7 días

Con respecto a las carnes empaquetadas, Vaicousi, et al., (2009), aconsejan el uso de termo-registros que viran de color de amarillo a rojo, cuando las condiciones de temperatura, se salen de especificación y, por tanto aumenta su población microbiana. En su investigación, estos indicadores, fueron evaluados en paquetes de carne molida, empacadas en atmosferas modificadas.

Otras consideraciones importantes son las condiciones de los camiones distribuidores de la carne (Foto 40). Según la Nom-009-ZOO-1994:

- Las dimensiones del interior de los vehículos de transporte deberán garantizar que las canales, medias canales y cuartos de canal no tengan contacto con el piso o las paredes.
- En un mismo transporte no podrán movilizarse simultáneamente productos comestibles y no comestibles, que lleven el riesgo de contaminación a cárnicos. Las vísceras deberán depositarse en compartimientos o recipientes adecuados debidamente protegidas para evitar su contaminación y el contacto directo con las canales.
- No se deberá depositar directamente producto comestible en el piso del medio de transporte, cuando no esté empacado.
- Se permite el transporte de carne de diferentes especies siempre y cuando no tengan contacto directo entre sí.

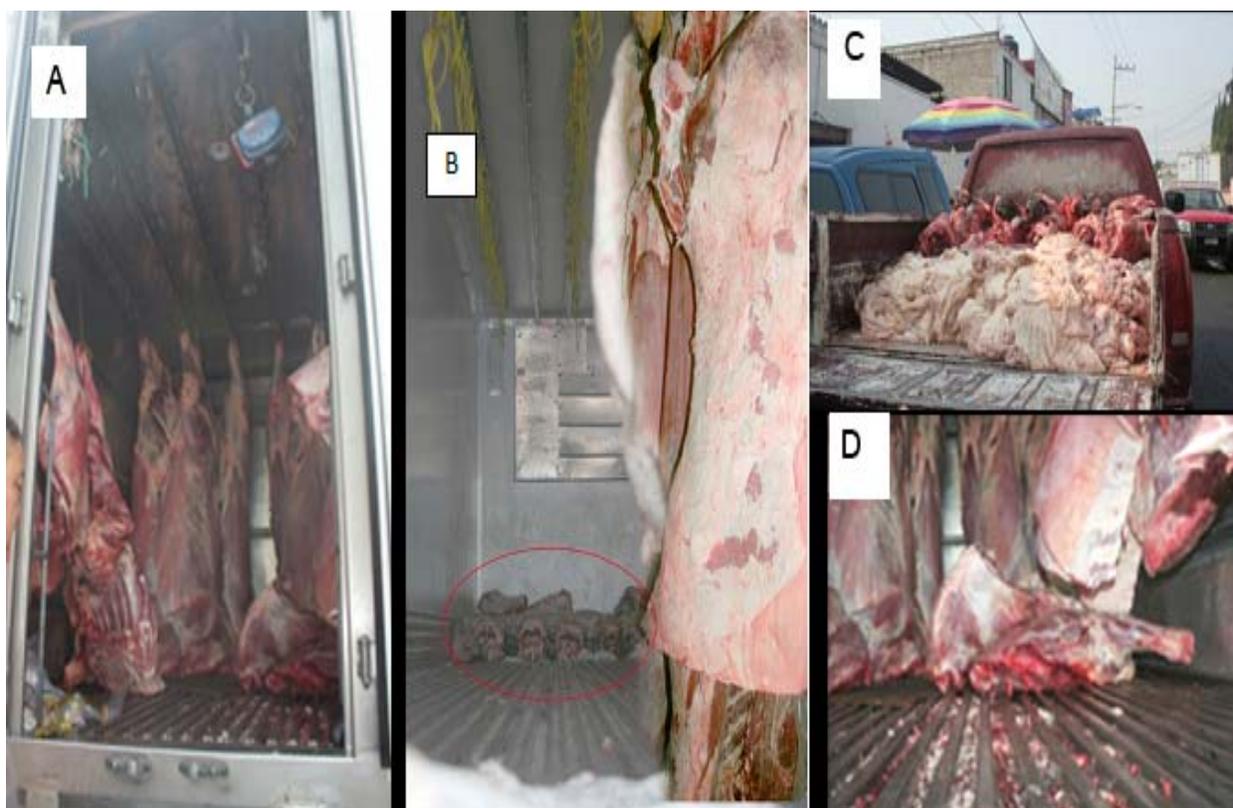


Foto 40. Desviaciones de Temperatura en el transporte de la carne. A) Camión con el sistema de refrigeración descompuesto. B) Transporte de carne de res mezclada con canales de ovino. C) Transporte de canales, cabezas, carne y vísceras. D) Camión sucio y canales tiradas en el piso. Puede observarse en todas las fotos que la carne viene tirada en el piso (Fotos Juana Villada).

De la recepción de los productos:

El encargado debe rechazar aquellos productos que presenten alteraciones de color (Foto 41), olor y textura, y colocar de inmediato los productos en buen estado, en refrigeración.

Deben existir letreros visibles para el comprador con leyendas “Conserve el producto en refrigeración o congelación” NOM-194-SSA1-2004.



Foto 41. Carne descompuesta. Comprada en mercado sobreruedas (Foto Juana Villada)

3.7 CONTAMINACIÓN DE PRODUCTOS CÁRNICOS.

La contaminación bacteriana de los productos cárnicos es inevitable como consecuencia de las materias primas, el medio ambiente y la fabricación (Labadie, 1999, Larroure et al., 2000, Ammor et al., 2005). Ocurre desde el sacrificio de los animales, propiciando una materia prima con una carga microbiana inicial y se incrementa durante la fabricación de los productos, los puntos críticos identificados en ésta fase son las tablas de picado, las máquinas y los cuchillos (Foto 42) (Talon 2007).



Foto 42. Factores de contaminación de productos cárnicos. A) Tablas de picado. B) Materias primas y medio ambiente C) almacenamiento (Fotos Juana Villada).

Aunque los productos fermentados madurados tradicionalmente no presentan un riesgo sanitario, presentan una microbiota diversa, dependientes de la diferentes formulaciones, prácticas de fermentación y técnicas de maduración (Lebert et al., 2007). De manera general en el inicio de la maduración se encuentran bacterias ácido lácticas, frecuentemente presentes en carne de alta calidad higiénica, aunque se presentan en cantidades bajas, dominan rápidamente la fermentación. Predominan *Lb. sakei* y/o *Lb. curvatus* (Talon y Leroy 2011, Leroy et al., 2006) seguidos por especies de *Staphylococcus*, que representan el 82% de las bacterias gram positivas, catalasa positiva. *Staphylococcus xylosus* es la especie más frecuentemente aislada. (Marty 2012).

Tu et al., 2010 mostró en su evaluación microbiana de embutidos Taiwaneses que también se encuentran presentes al inicio de la maduración *Microbacterium* spp., *Enterobacter* spp., *Brochothrix* spp., *Enterococcus* spp., y *Bacillus* spp. Asimismo, observó que la microflora varía a través de las diferentes etapas y el tiempo de la maduración, distinguiendo que los embutidos fermentados con un tiempo de maduración corta contienen lactobacilos durante las primeras etapas de fermentación y esto se asocia con un sabor más ácido, mientras que los productos con un mayor tiempo de maduración presentaban cocos coagulasa negativa, que le proporcionan a los productos características sensoriales más acentuadas, ya que éstos microorganismos presentan actividades metabólicas importantes como actividad lipolítica y actividad reductora de nitrato.

En etapas posteriores de la maduración predominan hongos y levaduras (Leroy et al., 2006) que también puede ser benéfico, pues las levaduras que crecen en la superficie del producto le proporcionan un aroma favorable, como lo reporta Grazia et al., (1985) en sus trabajos realizados con salami, donde también observo que el micelio de los hongos penetra profundamente la superficie de los salamis, disminuye la concentración de ácido láctico y se obtiene una humedad uniforme.

El crecimiento de los microorganismos sobre la superficie de los embutidos se produce cuando existe suficiente humedad. En las salchichas de Frankfurt húmedas y no envasadas se forma limo superficial por crecimiento de micrococos y levaduras. El envasado al vacío, al eliminar el oxígeno, favorece el crecimiento de levaduras anaerobias facultativas y de bacterias ácidolácticas heterofermentativas; las levaduras producen limo

superficial y los lactobacilos dan origen a bolsas gaseosas por formación de CO₂. Es también posible encontrar, en este tipo de producto, coloraciones verdosas, consecuencia de tratamientos térmicos inadecuados o de recontaminaciones después del procesado; el microorganismo responsable del enverdecimiento es el *Lactobacillus viridescens*, que crece bien a pH y presión de oxígeno ligeramente reducidos (Sofos, 1994)

La flora aislada de productos cárnicos salados, secos, semisecos, y embutidos fermentados, consiste principalmente en géneros y especies halotolerantes (Tabla 9) (Simoncini et al., 2007, Nielsen et al., 2008, Metaxopoulos et al., 1996)

Tabla 9 Géneros de microorganismos encontrados en productos cárnicos

Microorganismo	Producto encontrado	Referencia
<i>S. equorum</i> , <i>S. xylosum</i> , <i>S. saprophyticum</i> <i>S. simulans</i> , <i>S. capitis</i> , <i>S. warneri</i> <i>S. cohnii</i> , <i>S. sciuri</i> , <i>S. aureus</i>	cecina	García et al., 1995
<i>Debaryomyces</i> , seguido por <i>Rhodotorula</i> , <i>Candida</i> , <i>Pichia</i> , <i>Yarrowia</i> y <i>Trichosporon</i> <i>Enterococcus faecium</i>	embutidos Españoles	Durá et al., 2004 Martin et al 2005
<i>Enterococcus faecalis</i> <i>Leuconostoc mesenteroides</i> <i>Lactobacillus acidophilus</i> <i>Staphylococcus aureus</i> , <i>S. warneri</i> , <i>S. xylosum</i> . <i>Staphylococcus arlettae</i>	embutidos Españoles " Slavonski kulen" producto madurado Croata Jamón taiwanés	Martin et al 2005 Babic et al 2011 Tu et al., 2010

CAPITULO 4

Empleo de cultivos iniciadores

CAPÍTULO 4

Empleo de cultivos iniciadores y su efecto bioconservador en la carne.

La preservación de la carne, desde tiempos ancestrales, ha utilizado métodos como el secado, la salazón y la fermentación se practicaban mucho antes de que los microorganismos fueran descubiertos y se les daba una explicación mágica o divina a éstos procedimientos (Hansen 2002). Louis Pasteur en 1857, demuestra que las fermentaciones son generadas por los microorganismos lo que aunado al aislamiento de los primeros microorganismos realizados por Joseph Lister en 1878, originó nuevas formas de producir alimentos fermentados (Peighambardoust 2011) a través del uso de cultivos iniciadores (Fig. 16). Estos se definen como microorganismos que se inoculan directamente a los alimentos con la finalidad de lograr cambios deseados en el producto terminado. Estos cambios pueden incluir nueva funcionalidad, inocuidad y nutrición mejorada (Hutkins 2006) Su uso en productos cárnicos es relativamente reciente, pues comenzó en Estados Unidos hacia 1940, cuando inocularon con *Lactobacillus* spp la materia prima de salchichas, con el fin de acelerar la fermentación y estandarizar los procesos industriales (Cocconcelli y Fontana 2010) Desde entonces las investigaciones se han realizado con diferentes microorganismos y en productos cárnicos de todas partes del mundo. En la década de los 60 surgieron los primeros cultivos iniciadores comerciales para la elaboración de embutidos (Schneider 2007, Toldrá 2007, Peighambardoust et al., 2011, Hammes 2012). En la actualidad, debido a los cambios en los hábitos de compra y consumo, el problema de la conservación e inocuidad de la carne y sus productos se ha vuelto más complejo, porque los productos de hoy en día requieren una vida útil más prolongada y una mayor garantía de protección contra el deterioro microbiano. Por otra parte, la demanda de alimentos funcionales va en aumento y la industria cárnica requiere cultivos viables que permitan responder a la misma, así como para reducir o anular el uso de aditivos (Aksu y Kaya, 2002, Zangh et al., 2010, Zhao et al., 2011).

Los actuales cultivos iniciadores son desarrollados por diseño y no por selección, se basan en el conocimiento del metabolismo bacteriano y la fisiología, así como la interacción con el producto alimenticio (Aksu y Kaya 2002, Zangh et al., 2010, Hammes 2012).

Como todo aditivo agregado tiene que estar regulado, sin embargo en México no existen entidades reconocidas para regular los microorganismos empleados en la industria

alimentaria, pero existe un estándar reconocido por la FDA (*Food and Drug Administration*) que puede utilizarse, es el estándar GRAS (Generalmente reconocido como seguros).



Fig.16 Cronología de aplicación de los cultivos iniciadores.1) Peighamardoust et al., 2011. 2) Toldrá 2010, 3) Cenci-Goga et al., 2008. 4) Mauriello et al., 2002. 5) Keneally et al., 99. 6) Leroy et al., 2006. 7) Dal Bello et al., 2010. 8) Fernández et al 2000. 9) Hammes et al., 2012.

4.1 DEFINICIÓN CULTIVOS INICIADORES (STARTERS).

Los cultivos iniciadores o *starters* son microorganismos o sus enzimas en estado puro o mixto, seleccionados de acuerdo con sus propiedades específicas y agregados a los alimentos con objetivo de tener una producción más uniforme, una fermentación más controlada, mejorar su aspecto, aumentar la funcionalidad, y preservación del producto (Leroy y Vuyst 2004, Ammor et al., 2005, Rantsiou et al., 2005, Toldra 2007)

Se establecen como flora predominante y excluyen la indeseable, por lo cual poseen efecto conservador frente a microorganismos patógenos y deteriorantes (Larrouture et al., 2000, Scannell et al., 2004, Babíc et al., 2011) Aunque el mecanismo de inhibición de microorganismos patógenos no se conoce exactamente, quizá es debido a la acción simultánea de varios factores como la disminución del pH, la producción de peróxido de hidrógeno, ácidos orgánicos, emisión de antibióticos y bacteriocinas al medio y la competencia por los nutrientes (Beldarraín 2008, Zapelena 2009, Dal Bello et al., 2010).

4.2 BIOCONSERVACION.

La facultad de prolongar la vida útil de la carne se ha convertido en una necesidad comercial, pero el rechazo de los consumidores a ingerir conservadores químicos, ha obligado a la ciencia a proponer alternativas de conservación de los alimentos (Castellano et al., 2008). Una opción es la bioconservación técnica donde se emplea microorganismos o sus metabolitos con el propósito de incrementar las condiciones de inocuidad durante el almacenamiento de los alimentos, su aplicación reduce la contaminación inicial e inhibe el crecimiento de los microorganismos alterantes y patógenos (Vermeiren et al., 2006, Aymerich et al., 2008).

4.3 APLICACIÓN DE LA BIOCONSERVACIÓN EN LA INDUSTRIA CÁRNICA.

La biopreservación es una estrategia de conservación prometedora en diferentes áreas de la industria cárnica, porque algunos microorganismos comúnmente asociados con carnes han demostrado ser antagonistas de bacterias patógenas y del deterioro. Se han analizado en diferentes procesos, como lavado de canales, carne fresca envasada al vacío y utilización de subproductos, dando resultados positivos de descontaminación; por ejemplo, en los trabajos de Davila et al., (2006) se inocularon cepas de *Enterococcus raffinosus* y *Lactobacillus reuteri* para preservar la sangre de cerdo utilizada como alimento, la cual fue almacenada a 5° y 15° C, se encontró que algunas cepas de las

trabajadas redujeron significativamente la presencia de microorganismos indicadores de contaminación. El resultado fue positivo para ambas temperaturas de almacenamiento, aunque obviamente se obtuvo menor recuento de coliformes y *Pseudomonas* a 5°C. El cultivo iniciador que mostró la mejor habilidad de inhibición de microorganismos fue *Enterococcus raffinosus* (PS99). Los autores concluyen que la inoculación podría prevenir el crecimiento de bacterias indeseables incluso en los casos que exista ruptura de la cadena de frío.

La carne fresca se puede almacenar en refrigeración por más tiempo si se adiciona starter y se empaca al vacío. Diversos trabajos han demostrado esto (Fadda et al., 2008, Castellano et al., 2008), pero el más ilustrativo es de Castellano et al., (2010) que inocularon *Lactobacillus curvatus* CRL705 a la superficie de la carne y se almacenó a 2° C por 60 días. La carne fresca fue envasada al vacío y se estudió la eficacia de la cepa agregada, la cual se convirtió en la población dominante durante el período de almacenamiento e inhibió el crecimiento de *Brochotrix thermospacta*.

Las características sensoriales solo variaron en la carne almacenada por más de 60 días, las cuales presentaron un sabor más ácido, pero no presentan olores indeseables ni cambios estructurales.

Otro ejemplo sobre la carne fresca es el trabajo de López-López y Jiménez Vera (2008) que comprobaron el efecto inhibitor de coliformes en carne molida de cerdo y de res, la carne fue inoculada con *Lactobacillus casei* Shirota y *Leuconostoc mesenteroides*, en la carne de cerdo se obtuvo el mayor crecimiento de *Leuconostoc mesenteroides* y la mayor acidez con *Lactobacillus casei* Shirota, lo que se relaciono con la disminución de la concentración bacteriana de coliformes y *Staphylococcus aureus*. En la carne de res se obtuvo mayor crecimiento de *Lactobacillus casei* Shirota y un efecto bacteriostático. Por lo cual los autores sugieren aprovechar las propiedades de las bacterias lácticas para la conservación de la carne molida almacenada en refrigeración.

Los resultados sobre productos que llevan un proceso de cocción también son favorables, la adición de *Lactobacillus sakei* a jamones, salchichas, paté y dos productos de pavo tuvo efectos antagonistas sobre la microflora endógena, *Brochotrix thermospacta* y *Listeria monocytogenes* (Vermeiren et al., 2006).

De las bacterias lácticas para la conservación de la carne molida almacenada en refrigeración. Una estrategia para descontaminar las canales de carne fresca es el lavado de estas con ácidos orgánicos. Se ha utilizado con éxito en canales de res, cerdo, ovejas y cabras (Castillo et al., 2001; Dubal et al., 2004; Accuf et al., 1987, Ransom et al., 2003). El uso de ácido láctico (Foto 43) es el que representa menos repercusiones sensoriales, es usado en Estados Unidos como práctica común en el faenado (Buncic et al., 2013).



Foto 43 Descontaminación de canales con ácido láctico.(Foto Juana Villada)

La Comisión Europea este año ha aprobado el uso de ácido láctico para reducir la posible contaminación microbiológica en la superficie de canales, medias canales o cuartos, indica que los tratamientos realizados con ácido láctico reducen significativamente la contaminación microbiológica, en comparación con la ausencia de tratamiento o con el simple lavado de las canales. La Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria (EFSA)

destaca que este tratamiento no genera resistencia microbiana y que no tiene efectos negativos sobre el medio ambiente, también recomienda que los operadores de empresas del sector cárnico validen la eficacia antimicrobiana de este tipo de tratamiento con arreglo a sus propias condiciones de transformación y que comprueben la concentración de ácido láctico, la temperatura de aplicación y otros factores que tengan un efecto sobre su eficacia como agente de descontaminante. Sugiere lo anterior porque la utilización de ácido láctico para reducir la contaminación microbiana de superficies es diferente de su utilización como aditivo alimentario. La cantidad residual de ácido láctico absorbida en la carne de bovino, tras un tratamiento de superficie, no debe exceder de 190 mg/kg. La aplicación del ácido láctico debe estar sujeto a determinadas condiciones, debe aplicarse a canales, medias canales o cortes y realizando buenas prácticas de higiene. (Diario Oficial de la Unión Europea, REGLAMENTO (UE) No 101/2013 De la comisión de 4 de febrero de 2013).

4.4 BENEFICIOS DE ADICIÓN DE CULTIVOS INICIADORES.

Se utilizan principalmente bacterias ácido lácticas y representa varias ventajas para la industria cárnica, entre las que destacan: reducción del tiempo de maduración, disminución de riesgos a la salud; control de microbiota patógena y contaminante, así como, la disminución de aminas biogénicas y producción de bacteriocinas, mejoran la aceptabilidad del producto final favoreciendo sus características sensoriales, permiten tener homogeneidad en el proceso y aumentar su calidad (Lücke, F.-K. 2000)

4.4.1 Disminución del tiempo de maduración

Los cultivos iniciadores son utilizados para acortar el tiempo de maduración porque propician una pronta acidificación facilitando una fermentación más rápida, un aumento en la proteólisis y lipólisis, por lo que se alcanza las propiedades sensoriales características del producto en menor tiempo de almacenamiento; además el productor obtiene una ganancia económica más rápida a diferencia de los métodos tradicionales de producción sin inóculo (Fernández et al., 2000, Rantsiou et al., 2005, Tremonte et al., 2007, Hammes 2012).

4.4.2 Mejora en inocuidad.

El proceso de los productos cárnicos reduce el número de bacterias, pero también puede introducir microorganismos adicionales y seleccionar el tipo que puede proliferar y causar daño durante el almacenamiento. (Sofos, 1994).

Uno de los principales factores por lo que es favorable la adición de cultivos iniciadores es la disminución de microorganismos patógenos y del deterioro (Toldra 2010). Kingcha et al., (2012) utilizaron un starter de *Pediococcus pentosaceus* BCC3772, para controlar *Listeria monocytogenes*, en Nham, (un producto cárnico tradicional de Tailandia, hecho a base de carne de puerco), con resultados muy favorables, el cultivo causó una disminución significativa de 10^3 de *Listeria monocytogenes* dentro de las 18-24 hrs. de fermentación, en comparación con el recuento inicial, sin perder características sensoriales del producto. Deben predominar sobre la microbiota endógena del producto (Hutkins 2006). Los trabajos de Casauburi et al., (2007) muestran que al adicionar cultivos starter aumenta la población de bacterias lácticas y en consecuencia una disminución de bacterias patógenas (Fig.17).

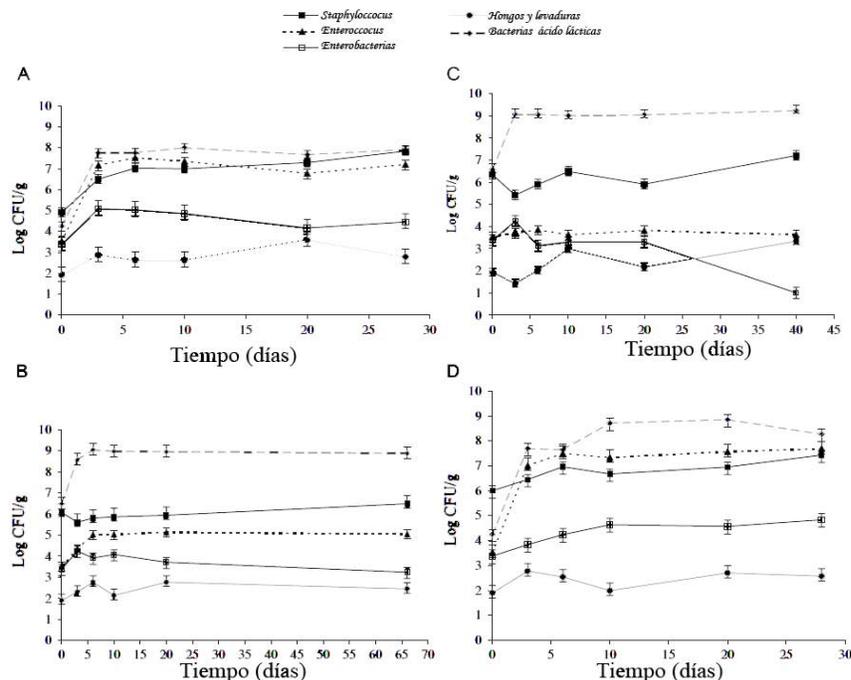


Fig 17. Evolución de la población microbiana, durante la maduración de embutidos fermentados de la región de Campania (valle de Diano) con y sin cultivos starter. A) producto control sin cultivos iniciadores, (B) inoculadas con starter (*S. xylosus* FVS23 y *Lactobacillus curvatus* AVL3), C) producto inoculado con starter (*S. xylosus* CVS14 y *Lactobacillus curvatus* AVL3) y (D) producto inoculado con starter. (*S. xylosus* DVS4) (Casauburi et al., 2007).

4.4.3 Producción de ácidos orgánicos.

Los microorganismos que favorecen la producción de ácidos orgánicos son las bacterias ácido lácticas, que tienen propiedades específicas antimicrobianas, tales como los ácidos láctico, acético y propiónico, peróxido de hidrógeno, dióxido de carbono (formado a partir de la fermentación heteroláctica), diacetilo (producto de metabolismo del citrato), reuterina (producido durante la fase estacionaria del crecimiento anaeróbico de *Lactobacillus reuteri* en la mezcla de glucosa y glicerol o gliceraldehidos) (Leroy et al., 2006) El ácido láctico producido naturalmente en el proceso de glucólisis tiene algún efecto conservador sobre las carnes. El ácido láctico obtenido mediante procesos biotecnológicos, tiene en la actualidad un amplio uso en carnes frescas y en productos cárnicos incorporado como Lactato de Sodio; se considera que tiene un marcado efecto sobre *Listeria monocytogenes* (Restrepo et al., 2001)

4.4.4 Disminución del pH.

Durante la fermentación y maduración, las bacterias ácido lácticas convierten la glucosa (la fuente de energía primaria) en ácido láctico, que es el principal responsable de la disminución del pH. Esta acidificación tiene un efecto conservador, debido a que las bacterias patógenas y de descomposición tienen poca resistencia al pH bajo y generalmente cuando este disminuye, suele producirse un descenso en la velocidad del crecimiento microbiano. Las más afectadas son las bacterias, luego las levaduras y los más resistentes a pH bajos son los hongos.

Teniendo en cuenta lo anterior, significa que las carnes con valores de pH cercano a la neutralidad están más expuestas a las acciones microbianas, sobre todo a la putrefacción. La mayoría de las bacterias crecen a valores de pH entre 5 y 8. La acidez también contribuye para el desarrollo de las características sensoriales típicas de los embutidos

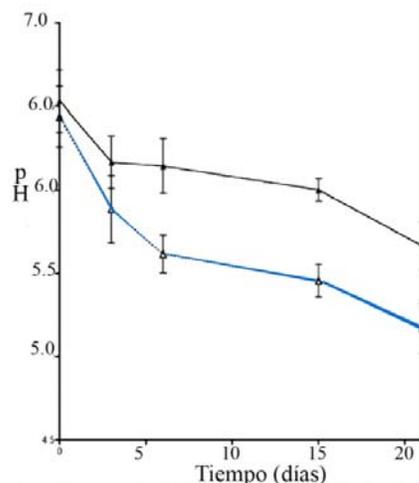


Fig. 18 Cambios de pH durante la maduración del Salame nostrano. control(---), salame(---) elaborado con cultivos iniciadores de (Cenci-Goga et al., 2008).

fermentados (Restrepo y Martínez 2006). Los estudios de Cenci-Goga et al., (2007) con salami demuestran que la adición de cultivos starter favorecen la disminución de pH (Fig. 18).

4.4.5 Producción de bacteriocinas

Las bacteriocinas son un grupo heterogéneo de proteínas o péptidos antimicrobianos, sintetizados en el ribosoma de las bacterias ácido lácticas, estos péptidos atacan la membrana celular de otras bacterias evitando su reproducción, pero secretando una molécula que la inmuniza contra la propia bacteriocina (Todorov et al., 2010) Se han encontrado más de 300 bacteriocinas, algunas de ellas se han estudiado sobre el efecto de microorganismos en específico (Tabla 10) sin embargo sólo la nisina producida por el *Lactococcus lactis* tiene la denominación GRAS, es la única registrada como conservador de alimentos en más de 40 países (Abrams et al., 2011) Son de gran importancia por su capacidad de controlar microorganismos patógenos como *Listeria monocytogenes* (Xiraphi, et al., 2008).

Tabla 10. Algunas bacteriocinas producidas por microorganismos. Castellano 2008.

Cepa productora	Bacteriocina	Actividad contra	Cepa productora	Bacteriocina	Actividad contra
<i>L.lactis</i> BB24	Nisina	4,5,7,9	<i>Lc.mesenteroides</i> L124	Leucocina A	1,7
<i>L.lactis</i> WNC20	Nisina Z	1,2,4,6,9	<i>Lc.mesenteroides</i> E131	Leucocina A	7
<i>Lb.sakei</i> 148,V18	Lactocina S	1,4,5,6	<i>Lc.carnosum</i> TA11a	Leucocina A	1,6,7
<i>Lb.sakei</i> L45	Lactocina S	1,4,5,6	<i>P.acidilactici</i> PAC1.0	Pediocin PA-1/ach	1,4,5,7,8
<i>Lb.sakei</i> LTH673,674	Sakacina K,P	1,6,7	<i>P.acidilactici</i> L50	Pediocin L50	1,4,5,6,7,8,9
<i>Lb.sakei</i> 1151	Sakacina P	7	<i>P.pentosaceus</i> Z102	Pediocin PA-1	1,4,5,7,9
<i>Lb.sakei</i> Lb706	Sakacina A	1,6,7	<i>C.piscicola</i> LV17B	Carnobacteriocina B2	7
<i>Lb. sakei</i> CTC494	Sakacina K	1,6,7	<i>C.piscicola</i> V1	Pisciocin V1a	1,6,7
<i>Lb.sakei</i> MN	Bavaricina MN	7	<i>C.piscicola</i> LV17A	Carnobacteriocina A	1,7
<i>Lb.brevis</i> SB27	Brevicina 27	1,2	<i>C.piscicola</i> JG126	Piscicolina 126	7
<i>Lb.curvatus</i> LTH1174	Curvacina A	1,2,7	<i>C.piscicola</i> KLVI7B	Carnobacteriocina B1/	1,6,7
<i>Lb.curvatus</i> CRL705	Lactocina 705	1,2,3,8	<i>C.divergens</i> 750	Divergencina 750	1,5,6,7
<i>Lb. curvatus</i> FS47	Curvaticina FS4	1,2,6	<i>C.divergens</i> LV13	Divergencina A	1
<i>Lb.curvatus</i> L442	Curvaticina L44	1,7	<i>E.faecium</i> CTC 492	Enterocina B	1,5,7
<i>L.b plantarum</i> CTC305	Plantaricina A	1,7	<i>E.faecium</i> CTC 492	Enterocina A	7
<i>Lc. gelidum</i> UAL187	Leucocina A	1,6,7	<i>E.casseliflavus</i> IM416K1	Enterocina 416K1	7
<i>Lc.mesenteroides</i> TA33a	Leucocina A	1,6,7			

(1)Otras bacterias lácticas.(2) *B.cereus* (3)*B.thermosphacta* (4)*C.botulinum* (5) *C.perfingens* (6)*E.faecalis/faecium*(7)*L.monocytogenes* (8)*Propionibacterium* (9) *Staphylococcus aureus*

4.4.6 Disminución de aminas biogénicas.

Los procesos de fermentación involucran la acción de microbios y enzimas de descarboxilación, que son precursores de aminas biogénicas (Mah et al., 2003) La adición de cultivos iniciadores adecuados (con actividad descarboxilasa negativa y rápidamente acidificantes), durante el proceso de maduración, disminuye esta producción (Ma y Hwang 2009). La diversidad de trabajos realizados por los científicos demuestra lo antes dicho. Fadda et al, (2001) trabajaron con cepas iniciadoras que poseen actividad amino oxidasa, como el starter *Micococcus varians* LTH 1540, concluye que, ésta cepa redujo la tiramina durante la maduración de embutidos y que adicionar este cultivo podría ser una manera de reducir la cantidad de aminas biogénicas producidas. El uso de cepas de *Staphylococcus xylosus* redujo aminas biogénicas en un 16% en comparación con un control. La inoculación con *Lactobacillus plantarum* suprime eficazmente la producción de tiramina, putrescina y cadaverina (Zamman et al., 2011). Un estudio realizado con diferentes tiempos de almacenamiento prolongado, (4, 8 y 16 semanas), y adicionado con una cepa de *L. casei* Lock 0900 concluyó que las aminas biogénicas encontradas cadaverina y triptamina estaban muy por debajo de los límites sugeridos como tóxicos, aunque es muy difícil establecer el nivel de toxicidad de estas aminas, ya que depende de sus características individuales y de la sensibilidad de los consumidores. Las concentraciones de 100 -800 mg / kg de tiramina y 30 mg / kg para feniletilamina se han informado como dosis tóxicas en los alimentos (Nowak 2011). Gómez- Fernández (2003) consideran a los cultivos iniciadores de *L. sakei* CTC494, altamente competitivos, porque pueden prevenir el crecimiento de microorganismos productores de aminas biogénicas, enuncian además, que si se parte de materia prima de suficiente calidad, se obtendrán productos finales prácticamente libres de aminas biogénicas. La figura 22 muestra los resultados del trabajo de Ma y Hwang (2009), los autores adicionaron como cultivo iniciador cepas de *Staphylococcusxylosus* No. 0538, a un producto tradicional de Corea, (Myeolchi-jeot, elaborado con anchoas) y como puede observarse en las gráficas de la Fig. (19), se disminuyó la concentración de aminas biogénicas, (putresina, cadaverina, histamina y tiramina), gracias a la adición del cultivo.

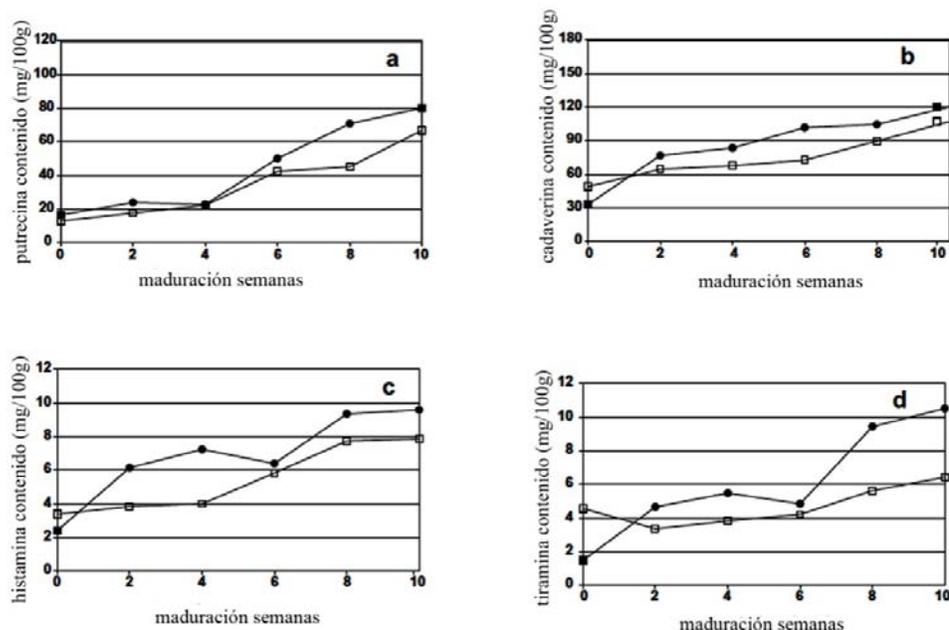


Fig.19. Efecto de la adición del cultivo iniciador sobre la producción de aminas biogénicas. Muestra control producto elaborado sin adición de cultivo iniciador ● Producto elaborado con adición de cultivo iniciador ◻ (*Staphylococcus xylosum* No. 0538) Ma y Hwang (2009).

4.4.7 DESARROLLO DE CARACTERÍSTICAS SENSORIALES DEL PRODUCTO

4.4.7.1 Formación del color

El color rojo característico de la mayoría de los productos cárnicos se forma gracias a la actividad reductora de las sales de nitrito que se agregan a los productos, su adición, también está justificada por su efecto inhibitor de patógenos. En los últimos cinco años, la adición de sales de nitrato para la cura de los productos ya no es muy aceptado por los consumidores, por razones toxicológicas, las principales objeciones son en base a su potencial para formar nitrosaminas con potencial carcinogénico (Hammes 2012). En este afán se ha observado que cultivos iniciadores de *Staphylococcus carnosus* contribuyen al desarrollo del color, por la reducción de nitrato a nitrito (Zhao et al ,2011). Las reacciones reductoras del ciclo del nitrógeno también tienen lugar durante la maduración de la carne (Fig. 20), es un evento que se le atribuye a los microorganismos, pues son ellos los que generan un ambiente de anaerobiosis

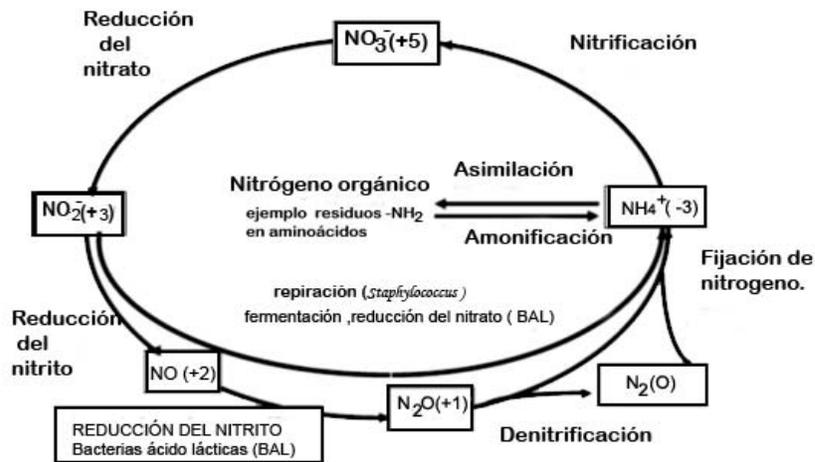


Fig. 20. Ciclo del nitrógeno. Los *Staphylococcus* llevan a cabo la respiración del nitrato en condiciones anaerobias y liberan amoníaco. En los lactobacilos no existe potencial respiratorio y algunas especies lo reducen a amoníaco en un proceso llamado amonificación fermentativa. (Hammes 2012).

4.4.7.2 Acentuación del sabor

El tipo y cantidad de ingredientes (carne sal, especias) influye sobre el sabor de los productos cárnicos, también interviene el ahumado, la temperatura, el tiempo del proceso y sobre todo el cultivo iniciador inoculado, pues de éste dependerá el patrón de péptidos y aminoácidos libres generados por proteólisis, los compuestos volátiles generados por lipólisis, y la producción de ácido láctico, derivado del metabolismo bacteriano. En el norte de Europa se cree que el ácido láctico es el principal componente del sabor, sin embargo también está presente el ácido acético que en pequeñas cantidades favorece al sabor. Otro ejemplo es que al sabor característico del chorizo se le ha relacionado con formación de esteres, atribuidos a diferentes cultivos empleados, seguido por los efectos del proceso de ahumado (fenoles) y especias (terpenos) (Hansen 2002)

4.4.7.3 Proteólisis

Es el proceso bioquímico mediante el cual, proteínas de las miofibrillas (actina, miosina, desmina, nebulina, troponina T) son fragmentadas por enzimas endógenas del músculo, como las calpainas, catepsinas, caspasas, etc. Siendo esto el primer paso de la proteólisis, a estas endopeptidasas se les asocia con la hidrólisis de las proteínas, generan polipéptidos que posteriormente son degradados en péptidos más pequeños y aminoácidos libres por la acción de exopeptidasas como las dipeptidasas,

aminopeptidasas, y carboxipeptidasas (Toldrá y Aristoy, 2010) Este es el último paso proteolítico y comúnmente asociado con una alta calidad de maduración, pues influye directamente en el aroma y sabor del producto final.(Abdullah y Rasha 2009, Toldrá y Aristoy, 2010).

Aktas et al., (2005) Trabajaron con diferentes cultivos starter, (*Staphylococcus carnosus*, *S. carnosus* + *Lactobacillus pentosus* y *Staphylococcus xylosum* + *Lactobacillus sakei*) para observar el efecto en las proteínas miofibrilares, durante la producción de pastirma (un producto cárnico tradicional de Turquía) mostrando que todos los cultivos empleados en ese estudio contribuyen a la degradación de las proteínas miofibrilares, particularmente la miosina.

4.4.7.4 Formación de aroma

El aroma característico principalmente determinado por la oxidación de lípidos, es favorecido por la lipólisis, donde se da la liberación de ácidos grasos por la acción de las lipasas, generalmente bacterianas. La lipólisis se ha relacionado con lipasas bacterianas, mientras que los procesos oxidativos que generan un cambio en los ácidos grasos insaturados se ha relacionado a reacciones químicas y a metabolismo bacteriano (Molly et al., 1997, Soriano et al., 2006, Calkins 2007). Los cultivos iniciadores de *Staphylococcus*, son utilizados para acentuar el aroma, este género posee actividad catalasa, la cual indirectamente puede favorecer la formación del aroma (Tjener et al., 2003) Cepas de *S.xylosum* y *S.carnosus* producen compuestos del sabor como 3-metil-1-butanol, acetoina y diacetilo (Ravyts et al., 2009). Es conveniente que el cultivo iniciador seleccionado, además de tener propiedades lipolíticas y proteolíticas, para acentuar el aroma y sabor, debe también, disminuir microorganismos como *Pseudomonas*, porque éste género participa en el deterioro de los lípidos (Nowak 2012).

4.5 CARACTERÍSTICAS DE UN BUEN CULTIVO INICIADOR

La funcionalidad del cultivo iniciador necesita ser enfocada, para evitar reacciones secundarias, tales como, cambios de color, olor y sabor no característico de los productos cárnicos, que demeritan la calidad del producto, originadas por algunos microorganismos, además de seleccionarlo con características específicas, hay algunas indispensables que debe cumplir (Leroy 2006, Casauburi et al., 2008).

Características indispensables como:

- Estar constituidos por organismos viables (vivos) o latentes, (suspendidos en un soporte de lactosa o azúcar fermentable) para desarrollar la actividad metabólica deseada en la mezcla de carne (Granados 2009)
- Un buen cultivo iniciador debe perdurar a altas concentraciones de sal, (6% en salmuera), tener capacidad de desarrollo en presencia de 80-100 p.p.m de nitritos (Tseng et al., 2000).
- Producción rápida de ácido láctico, que se desarrolle a diversas temperaturas y que sea homofermentador, porque la producción de gas y otros productos diferentes al ácido láctico, como consecuencia de la fermentación, contribuyen a la formación de aromas desagradables y otros defectos de textura y color.
- Deben persistir durante todo el proceso (Cocconcelli y Fontana 2010)
- Tener actividad antagónica contra patógenos y otros microorganismos tecnológicamente indeseables (Beldarraín 2008,)
- Capacidad para competir con la microflora de la carne para que colonice y domine en la naturaleza del producto cárnico (Hutkins 2006, Cocconcelli y Fontana 2010).

4.6 MICROORGANISMOS UTILIZADOS COMO CULTIVOS INICIADORES.

Los microorganismos seleccionados comúnmente, para ser utilizados como cultivos iniciadores en productos cárnicos, son géneros y especies predominantes, aislados de productos tradicionales y estudiados *in vitro* e *in situ*, y que, proporcionan las mejores características tecnológicas (Tabla 11), como rendimiento satisfactorio en el proceso, viabilidad y óptimas características sensoriales (Hansen 2002, Ammor et al., 2005, Casauburi et al., 2008). Los géneros más utilizados en productos cárnicos son: Bacterias lácticas, *Micrococcus* spp. y *Staphylococcus*.

4.6.1 Bacterias ácido lácticas

Las bacterias lácticas son un buen ejemplo de cultivo iniciador, porque además de tolerar nitritos, proceso de ahumado y concentraciones de sal relativamente altas, estas bacterias no requieren oxígeno para crecer, (durante la fermentación el ambiente se genera anaerobio) (Bacha et al., 2010) son tolerantes al CO₂, igualmente, resisten valores bajos de pH. Por ello, las condiciones existentes en las carnes envasadas al vacío y en los

productos cárnicos madurados, curados, favorecen el crecimiento de estos microorganismos. Tienen una larga historia como cultivos iniciadores industriales y por lo tanto Generalmente Reconocidos Como Seguros (GRAS). Se han utilizado por muchos años para preservar productos cárnicos, se ha informado que una variedad de cepas son antagónicas de microorganismos patógenos y microorganismos asociados a la descomposición de estos productos (Jones et al., 2008). La población inicial de LAB es generalmente baja en materia prima (10^3 a 10^4 UFC / g) pero se convierte en dominante durante la etapa de fermentación (10^8 log UFC / g) en embutidos tradicionales. Las bacterias ácido lácticas utilizadas como cultivos iniciadores (*Lactobacillus plantarum*, *Lactobacillus sakei*, *Lactobacillus curvatus*, *Lactobacillus pentosus*) aumentan la actividad lipolítica y proteolítica del *Micrococcaceae* (Johansson, et al., 1994)

Tabla 11. Algunos de los microorganismos empleados como cultivos iniciadores (starters).

Genero o especie utilizado	Producto cárnico aplicado	Actividad	Referencia
<i>Candida zeylanoides</i> <i>Candida famata</i> <i>Demaryomyces hansenii</i> <i>Demaryomyces maramus</i> <i>Hyphopichia burtonii</i>	Jamón curado italiano	lipolítica	Simoncini et al., 2007
<i>Demaryomyces</i> spp.	Embutidos secos fermentados	proteolítica	Dura et al., 2004
<i>L.sakei</i>	Embutidos secos fermentados	Proteolítica, productor de ácidos orgánicos. Favorece la disminución de pH.	Ammor et al., 2005 Aymeris et al., 1998.
<i>Lactobacillus curvatus</i> CRL705 y <i>Lactobacillus plantarum</i> CRL681	Embutidos Argentinos	Proteolítico, productor de una bacteriocina, incrementa aminoácidos libres en condiciones de vacío y almacenamiento en frío	Fadda 2008
<i>Lactobacillus plantarum</i> BCC 9546,	Nahm	Produce una alta acidez al medio, alcanzando un pH 4.5-4.6.	Jaichumjai et al 2010
Mezclade <i>Pediococcus pentosaceus</i> y <i>Staphylococcus xylosum</i>	Salchichas turcas (sucuk)	Propiedades ácidas y proteolítica	Dalmis y Soyer 2008
<i>Leuconostoc mesenteroides</i> E131 No se emplear como starter por ser formador de de carbono, pero si sus bacteriocinas.	Embutidos Griegos	Productor de bacteriocina, conservación del producto.	Xiraphi et al., 2008
<i>Staphylococcus</i>	Embutidos Tradicionales Italianos	Formación y estabilización del color, prevención de la rancidez, y la formación de sabor intenso	Tjener 2004
Mezcla de <i>L. curvatus</i> <i>Staphylococcus xylosum</i>	Embutidos Tradicionales Italianos	Actividad lipolítica, proteolítica, aumento de color.	Casaburi et al., 2008
<i>Staphylococcus xylosum</i> <i>Staphylococcus carnosus</i>	Productos cárnicos de la Unión Europea	Actividad proteolítica. Actividad reductasa nitrito-nitrato, actividad catalasa, consumo de oxígeno (lo cual mejora la estabilidad del color, disminuye rancidez, sabor acentuado).	Corbière et al., 2007,
<i>Penicillium aurantiogriseum</i>	Carne y productos cárnicos	Actividad proteolítica .lipolítica	Bruna et al., 2001

4.6.2 *L. sakei*

Tiene la capacidad de hidrolizar las proteínas sarcoplásmicas del músculo y en menor medida las proteínas miofibrilares. El análisis sobre su genoma ha reflejado algunas propiedades metabólicas y las posibles estrategias que le permiten competir eficazmente en el entorno de la carne cruda, puede sobrevivir en el medio cárnico (pobre en carbohidratos) gracias a que es capaz de degradar los aminoácidos, sobre todo la arginina, (encontrada de manera abundante en la carne) (Rimaux et al., 2011) tiene gran habilidad para producir ácido láctico, como su principal producto de fermentación (Jones 2009) por esta razón disminuye rápidamente el pH, a niveles que limitan el crecimiento de patógenos, tales como *Escherichia coli* O157: H7 y *Listeria monocytogenes* (Aymeris et 1998)

4.6.3 *Lactobacillus plantarum*

Le proporciona al producto una acidez excesiva, que no es bien recibida por el consumidor (Leroy et al., 2006), rara vez se detecta como predominante en productos madurados elaborados tradicionalmente, debido a su competitividad inferior comparado con *Lactobacillus sakei* o *Lactobacillus curvatus*.

4.6.4 *Staphylococcus coagulasa negativa*

Los estafilococos son bacterias anaerobias facultativas capaces de metabolizar diferentes azúcares (glucosa, fructosa y ribosa). Bajo condiciones anaeróbicas, el principal producto final es el ácido láctico, pero también se forman acetato, piruvato, y acetoína (Cocconcelli y Fontana 2010) Desempeñan un papel importante en el desarrollo de las propiedades sensoriales de productos madurados, por reducción de nitratos a nitritos y luego a óxido nitroso, previenen la rancidez a través de la descomposición del peróxido, y producen compuestos de sabor y aroma a través de la proteólisis y lipólisis. De éste grupo *Staphylococcus xylosus* es la especie dominante en productos italianos y chorizo Español (Leroy et al., 2006).

4.6.5 *Staphylococcus xylosus*

Muestran gran capacidad de sobrevivir bajo estrés ambiental, tal como altas concentraciones de sal y bajas temperaturas durante la fermentación de carne (Leroy et al., 2006).

4.6.6 *Pediococcus*

Son aislados frecuentemente de embutidos Europeos, aunque a veces se encuentran en pequeños porcentajes, es más común encontrarlos en productos fermentados provenientes de Estados Unidos, porque los añaden de manera intencional como cultivos iniciadores para acelerar la acidificación de la carne (Leroy et al., 2006)

4.6.7 Hongos y levaduras

Se ha demostrado que la inoculación superficial de algunos productos cárnicos del área mediterránea son inoculados con hongos como *Penicillium* o *Mucor* Hongos y levaduras Se utilizan en la superficie de los productos, para retrasar la rancidez y la estabilización del color a través de la actividad de la catalasa, el consumo de oxígeno y la protección contra la luz. Las levaduras se han popularizado por ser capaces de aumentar el contenido de amonio y reducir las cantidades de ácido láctico y acético, con la supresión correspondiente del sabor ácido. Las bacterias lácticas se desarrollan en condiciones que impiden el crecimiento de microorganismos aerobios Gram-negativos como las *Pseudomonas*. Las especies más frecuentemente aisladas son *E. plantarum*, *E. brevis*, *L. Jarciminis*, *E. alimentarius* y los *Lactobacilos* “atípicos” estos últimos se han identificado recientemente como *E. sake* y *L. curvatus* (Leroy et al., 2006).

4.7 Enzimas

La adición de enzimas, es el método más desarrollado para acelerar el proceso de maduración de productos cárnicos, genera muchas ventajas porque es un método relativamente barato, pueden seleccionarse para un efecto específico en el producto (Tabla 12), con resultados definidos para atributos sensoriales, como el sabor, color, textura. Por ejemplo las lipasas han sido utilizadas tradicionalmente para mejorar el sabor,

sobre todo sabores acentuados, muestran especificidad en la longitud de cadena de ácido graso y la posición de esterificación Fernández et al.,(2000).

En primer lugar, es importante señalar que el uso de enzimas (lipasas o proteasas) en embutidos no afecta, en general, la acidificación y el crecimiento de los microorganismos, a menos que se añadan concentraciones muy altas. Por lo tanto, el aw, el pH y los recuentos microbianos usualmente muestran valores normales, para este tipo de productos, aunque el pH puede ser ligeramente más bajo cuando se utilizan lipasas, porque liberan ácidos grasos, por el contrario la adición de proteasas libera sustancias básicas, aumentando levemente el pH (Flores y Toldrá 2011).

Tabla 12. Ejemplos de enzimas purificadas, aisladas de microorganismos usadas como cultivos starters, en productos cárnicos fermentados. Tomado de Flores y Toldrá 2011.

Microorganismo	Enzima	Principales características bioquímicas	Principales acciones bioquímicas	Efectos sensoriales	Referencia
Bacterias ácido lácticas					
<i>L.sakei</i>	dipeptidasa	pH óptimo 7.6	Exopeptidasa, amplia especificidad para dipéptidos, excepto con Prolina y glicina, en el N terminal.	Incremento de los aminoácidos Valina, metionina y leucina en embutidos.	Montiel et al., 1995.
<i>L.sakei</i>	aminopeptidasa	pH óptimo 7.5	Exopeptidasa, no actúa contra aminoácidos básicos en el N terminal	Incrementa aminoácidos libres que favorecen el desarrollo del sabor	Sanz y Toldrá 1997.
<i>L.sakei</i>	tripeptidasa	pH óptimo 7.0	Exopeptidasa	Ruptura de tripéptidos hidrofobicos	Sanz et al., 1998
<i>L.sakei</i>	X-prolyl-dipeptidilpeptidasa	pH óptimo 7.5	Exopeptidasa, hidroliza casi exclusivamente x-Pro del nitrógeno terminal de los péptidos.	Incrementa aminoácidos libres que favorecen el desarrollo del sabor	Sanz y Toldrá 2001.
<i>L.sakei</i>	Arginina aminopeptidasa	pH óptimo 5.0, Temperatura óptima 37°C, se activa con cloruro de sodio	Exopeptidasa, hidroliza exclusivamente aminoácidos básicos en el N terminal.	Incrementa aminoácidos libres que favorecen el desarrollo del sabor	Sanz y Toldrá 2002.
<i>L.sakei</i>	Catalasa	pH 7.0	Catalasa	Propiedades antioxidantes.	Hertel et al.,1998
<i>L.plantarum</i>	Lipasa		Lipasa, muy resistente al calor.		Silva Lopes et al., 2002
<i>L.plantarum</i>	Lipasa	pH óptimo 9.3	Lipasa	Acelera la maduración	Andersen et al.,1995

Tabla 12 Continuación

Microorganismo	Enzima	Principales características bioquímicas	Principales acciones bioquímicas	Efectos sensoriales	Referencia
<i>Staphylococcus coagulasa negativo</i>					
<i>S.xylosus</i>	Lipasa	pH óptimo 7.0, T óptima 30°C se inhibe con NaCl al 5%	Generación de ácidos grasos libres	Bajo las condiciones encontradas en los embutidos fermentados la actividad de la lipasa es escasa.	Keneally et al., 1998.
<i>S.xylosus</i>	Superoxido dismutasa	Mn ²⁺	Desintoxicar los radicales superóxido en agua y oxígeno.	Propiedades antioxidantes	Barriere, Bruckner et al., 2001
<i>S.xylosus</i>	Catalasa	2 enzimas	Dismutación de hidrogeno, peróxido en agua y oxígeno.	Propiedades antioxidantes	Barriere et al., 2002
<i>S.carnosus</i>	Catalasa y superoxidasa dismutasa	Sintetizado con baja aireación, presencia de nitratos y nitritos y bajo pH	Dismutación de hidrogeno, peróxido en agua y oxígeno. Desintoxicar los radicales superóxido en agua y oxígeno	Propiedades antioxidantes. Disminuye el nivel de compuestos volátiles derivados de oxidación lipídica	Barriere, Leroy-Setrin et al., 2001.
<i>S.carnosus</i>	Descarboxilasa	Enzima constitutiva	El paso final de la β-descarboxilación conduce a CO ₂ y metilcetona.	Incrementa los niveles de metilcetona, contribuye al aroma a curado.	Fadda, Lebert et al., 2002
Hongos y levaduras					
<i>S.warneri</i>	lipasa	pH óptimo 9.0, T. óptima	Lipasa	Incrementa ácidos grasos libres en embutidos.	Talon et al., 1995.
<i>Debaryomyces hansenii</i>	ProteasaB	pH óptimo 8.0	Endopeptidasa capaz de hidrolizar proteínas sarcoplasmicas	Degradación de proteínas durante la fermentación de la carne	Bolumar et al., 2005
<i>Debaryomyces hansenii</i>	Proteasa A	pH óptimo 5.5	Endoproteasa	Acelera la proteólisis en productos cárnicos ácidos y salados.	Bolumar et al., 2008
<i>Debaryomyces hansenii</i>	Peoteasa D	pH óptimo 7.5	Endoproteasa		Bolumar et al., 2008
<i>Penicillium chrysogenum</i>	Proteasa EPg222	pH óptimo 6.0 Temperatura óptima 45°C	Endoproteasa, activa contra proteínas miofibrilares	Incrementa el aroma y reduce la dureza en embutidos crudos-curados.	Bemito et al., 2002.

4.8 Mezclas de microorganismos

En la actualidad los científicos siguen trabajando con mezclas de microorganismos para observar las cualidades sensoriales que aumentan con determinados microorganismos y cual es el efecto sinergista en los productos de la carne. En general se trata de mezclas de bacterias ácido lácticas con *Staphylococcus* coagulasa negativa, o con levaduras u hongos. por ejemplo Talon et al., 2006 utilizó una mezcla de cultivos de *L. sakei*, *S. equorum* y *S. succinus*, la añadió a la composición del producto y los resultados fueron positivos, se obtuvo un producto más inocuo, ya que se redujo la concentración de *L. monocytogenes* (1,1 log ufc / g frente a 2,7 para el control) y enterococos (4,2 log ufc / g frente a 6,2 para el control), la reducción de 1,7 veces el nivel de aminas biógenicas (233,8 mg / kg de materia seca en comparación con 404,4 mg / kg MS), pudo observarse también que esta mezcla no modificó el sabor de los productos, según la evaluación de un panel de expertos, incluso mejoró ligeramente la textura.

Beldarraín et al., (2008) trabajó con varias mezclas de microorganismos concluyendo que *Staphylococcus carnosus* - *Pediococcus pentasaceus*, *St. carnosus* – *Lactobacillus plantarum*, *Lactobacillus casei* y *Lactobacillus acidophilus*, empleados a concentraciones de 2 % son los que producen mayor disminución del pH y del número de enterobacterias, presentes en la materia prima, lo que los avala para su empleo como cultivo iniciador en productos cárnicos.

CAPÍTULO 5

Sistemas de gestión de la calidad.

Capítulo 5.

SISTEMAS DE GESTIÓN DE LA CALIDAD

Los productores y fabricantes de alimentos obtienen un beneficio económico de la venta de sus productos y son los principales responsables, aunque no los únicos, de su calidad e inocuidad. Los consumidores tienen derecho a esperar y exigir alimentos sanos e inocuos. Los gobiernos, por su parte, protegen el derecho de los consumidores mediante reglamentaciones y verifican que estas se cumplan (FAO 2008). En conjunción, la comunidad científica ha sugerido sistemas para gestionar la calidad, que avalen un sistema de producción adecuado a las necesidades demandadas (Jenson y Sumner 2012).

5.1 SISTEMAS DE GESTION DE LA CALIDAD

Los sistemas que regulan y previenen la inocuidad alimentaria, se basan en procedimientos, procesos y recursos de la estructura organizativa, necesarios para establecer la garantía de la calidad, se han modificado, debido a diversos factores, tales como, expansión de normas nacionales e internacionales, dando como resultado obligaciones legales de adaptabilidad, aumento en la industrialización de productos agrícolas y pecuarios, cambios en fuentes alimentarias, ritmo de vida y nuevas tecnologías en el procesamiento de alimentos (Santiago 2008). Para fines prácticos, solo describiré el sistema HACCP, pero existen otras regulaciones. Todos los sistemas se apoyan en las buenas prácticas de manufactura para el manejo inocuo de los alimentos.

5.1.1 Buenas prácticas de manufactura.

Las buenas prácticas de manufactura son un conjunto de principios y recomendaciones técnicas, que se aplican en el procesamiento de alimentos para garantizar su inocuidad. Las buenas prácticas buscan evitar la presentación de riesgos de índole física, química y biológica durante el proceso de elaboración de los alimentos, incluyen la vigilancia, capacitación, monitoreo y verificación de los procedimientos para asegurar la inocuidad de

los productos (Código de prácticas de higiene para la carne CAC/RCP 58-2005). Surgen de la necesidad de preservación de los productos. Por esta necesidad, y la de garantizar una manipulación higiénica de los alimentos, el Codex Alimentarius adopta en 1969, el código internacional recomendado de prácticas generales de higiene de los alimentos, unificando a las buenas prácticas de manufactura y los procedimientos de operación estándar de saneamiento. En la actualidad, estos procedimientos sirven de fundamento en sistemas más complejos e integrales para la gestión de inocuidad y la calidad en la producción de alimentos, tales como, el sistema de análisis de peligros y de puntos críticos de control HACCP. Este último, es parte de los requerimientos para obtener la certificación TIF, por lo que se dará una breve descripción. La dirección de establecimientos TIF en conjunto con SENASICA ofrece una guía llamada "Guía de buenas prácticas de diseño para establecimientos de sacrificio Tipo Inspección Federal" como una orientación sobre el desarrollo práctico de proyectos para construcción y equipamiento de rastros de bovinos y porcinos.

5.1.2 Sistema HACCP

El sistema de análisis de peligros y puntos críticos de control (HACCP), es un enfoque sistemático para la identificación, evaluación y control de peligros. Con el fin de garantizar la inocuidad de los alimentos. Su objetivo es prevenir, más que corregir, aunque establece los sistemas de control. El desarrollo del plan HACCP consiste en 5 etapas previas y la aplicación de 7 principios (Fig. 21).

El sistema de análisis de peligros y punto críticos de control (HACCP), es un enfoque sistemático para la identificación, evaluación y control de peligros de inocuidad alimentaria. Con el fin de garantizar la inocuidad de los alimentos. Su objetivo es prevenir, más que corregir, aunque establece los sistemas de control. El desarrollo del plan HACCP consiste en 5 etapas previas y la aplicación de 7 principios (Fig.21). El Sistema HACCP puede aplicarse a lo largo de toda la cadena alimentaria, desde el productor primario hasta el punto de venta (Fig.22), puede observarse, que su implementación es indispensable en la industria cárnica, porque la contaminación puede darse en cualquier punto del proceso y por lo tanto requiere de medidas preventivas y correctivas; cada segmento debe aplicar su propio análisis de riesgos, el diagrama muestra los puntos importantes de inspección, propuestos para cada sector, lo anterior precede a lo que se expuso en capítulos anteriores. La trascendencia de llevarse a cabo en toda la cadena, es

que, nos permitiría generar una trazabilidad y garantizar la inocuidad del producto. Por esta razón es requisito indispensable para la exportación. Se hace de carácter obligatorio luego de que, en la década de los 90, se registraran varias intoxicaciones con carne contaminada, por ejemplo, en el periodo 1992-1993, se enfermaron 700 personas en Estados Unidos luego de consumir hamburguesas; en 1995, en Australia, se infectaron 22 personas y un niño murió, por consumir productos cárnicos fermentados contaminados con *E.coli* O111, microorganismo productor de la toxina Shiga (Jenson y Summer 2012).

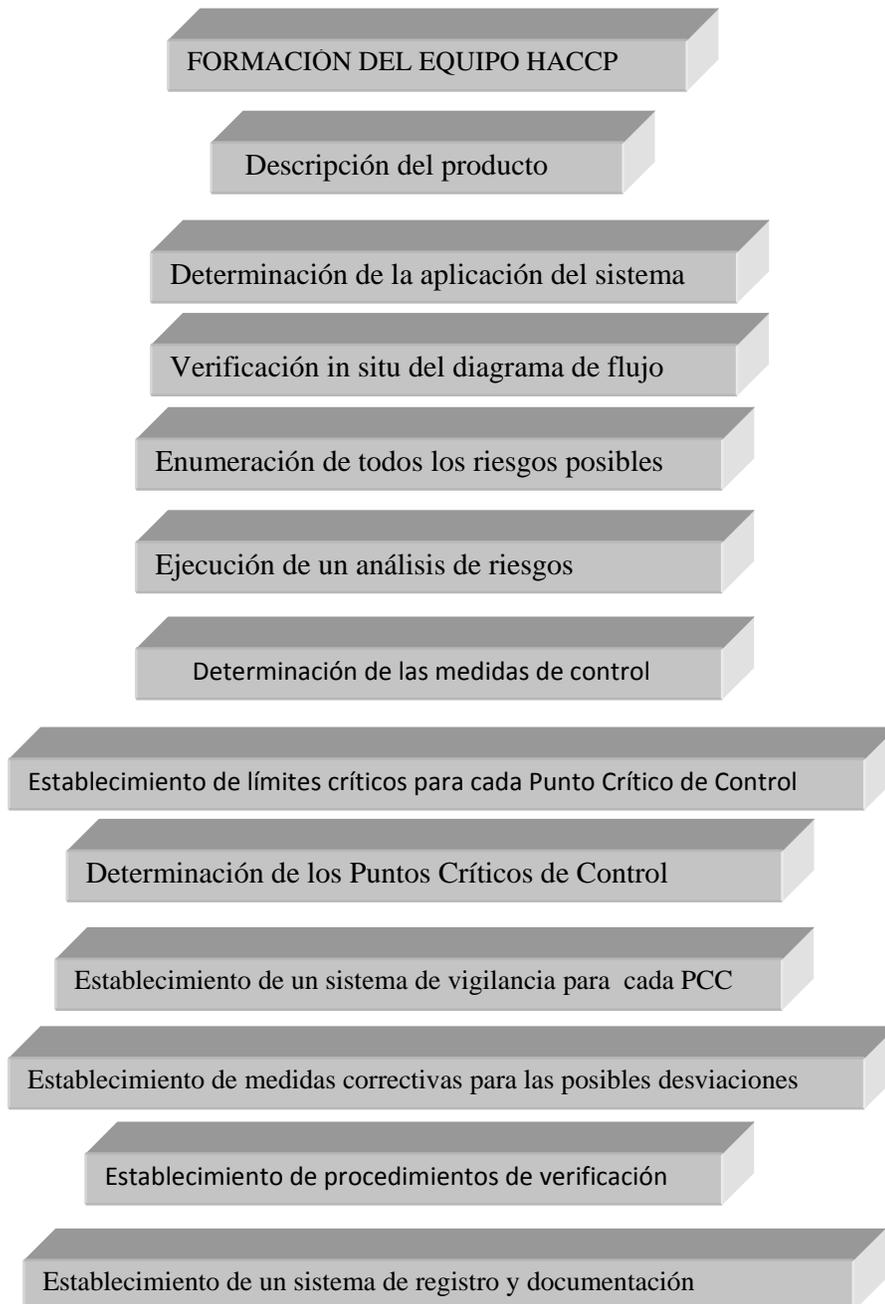


Fig. 21. Secuencia para la aplicación del HACCP. Fuente: NOM-SSA1-251-2009.

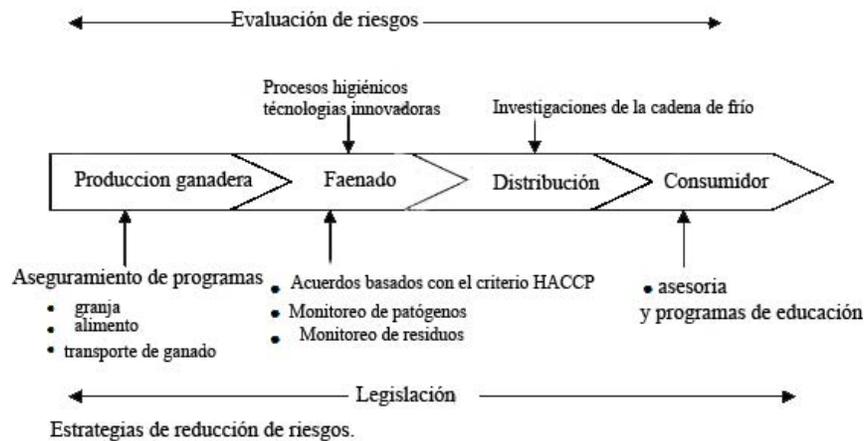


Fig.22 Diagrama de investigación y reducción de riesgos (Desmarchelier 2007).

5.1.3 Definición de Trazabilidad

La trazabilidad es la información registrada de la producción, proporcionada en tiempo real, transparente y fiable; desde la producción primaria hasta el consumo. Permite conocer desviaciones de producción como el abuso de temperatura (Crandall et al., 2013).

Este concepto en realidad no es nuevo, la práctica de la marca llegó al Nuevo Mundo con los españoles, que trajeron el primer ganado a la Nueva España. Hernán Cortés marcaba su ganado con tres cruces latinas, posiblemente, la primera marca utilizada en México (Crandall et al., 2013)

5.1.4 SISTEMA TIF

Este sistema surge en 1946-1947. Nace, como respuesta al cierre de la frontera norte, ante los primeros brotes de fiebre aftosa en nuestro país. El marco legal que lo regula tuvo su origen en la Ley y Reglamento de la Industrialización Sanitaria de la Carne, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 13 de febrero de 1950. Actualmente estos establecimientos operan bajo el marco legal de la Ley Federal de Salud Animal, publicada el 18 de junio de 1993 y modificada recientemente en el 2007.

Los establecimientos TIF se apegan a normas nacionales e internacionales. Entre las normas nacionales a las cuales se deben apegar de manera cabal son la NOM-008-ZOO-1994 y NOM-009-ZOO-1994; las cuales marcan la pauta para construir y equipar los establecimientos y procesar la carne (SENASICA).

5.2 BENEFICIOS DE IMPLEMENTAR EL SISTEMA TIF

5.2.1 Inocuidad

Para tener un nivel de confianza aceptable en el consumo de carne, este sistema cumple con estándares de calidad, sanidad e inocuidad requeridos internacionalmente; para cada proceso de obtención y transformación de productos y subproductos cárnicos. Se evalúan de manera constante. De esta manera, el sello TIF, garantiza al cliente la sanidad en la elaboración del producto, por lo que, el consumidor tiene la certeza de que adquiere un alimento libre de contaminantes o sustancias tóxicas que pudieran dañar la salud humana. En beneficio de los productos cárnicos se puede obtener materia prima de calidad, gracias a la verificación continua de la producción.

5.2.2 Trazabilidad

El sistema HACCP, obliga a tener documentado todos los procesos, las acciones correctivas y los procesos de ajuste, lo que, es una ventaja competitiva de marketing, porque se puede verificar la serie continua de producción, reduciendo al mínimo el riesgo de enfermedades transmitidas por los alimentos, asegura la calidad específica de los insumos, las prácticas realizadas y la integridad de la cadena de frío, en cada sector correspondiente de la cadena (Crandall et al., 2013).

En el caso de establecimientos que obtengan la certificación de calidad, Tipo Inspección Federal, están autorizados para colocar en los alimentos cárnicos que producen, procesan, envasan, empaacan, refrigeran o industrializan, un sello que garantiza su inocuidad. El sello TIF puede ser utilizado únicamente bajo las restricciones que establece el SENASICA, que esta en constante vigilancia para garantizar que su uso sea el adecuado y solo se encuentre en productos que cumplan con las normas nacionales e internacionales de calidad e inocuidad. Los sellos contienen las siglas T.I.F. antes de su número de clasificación. (El número del establecimiento autorizado por la Secretaría), así como las leyendas "Inspeccionado y Aprobado, SARH, México", "Inspeccionado y Aprobado para Cocción SARH, México", "Inspeccionado y Rechazado, SARH, México", según sea el caso. No se permite el empleo de ningún otro sello con leyendas diferentes a las establecidas.

5.2.3 Mejoras económicas

Implementar el sistema Tipo Inspección Federal (TIF) en rastros municipales puede abrir mercados a los productos cárnicos, tanto en el mercado nacional, como en el internacional.

- Confiere valor agregado a los productos.
- Para las empresas que procesan cárnicos bajo los lineamientos TIF es más fácil movilizar su producción de una zona a otra del país; sus productos son mejor cotizados en el mercado interno.
- Disminuye los rechazos y mermas de carne, porque al reducir los riesgos de contaminación, disminuyen los rechazos y mermas.
- Oportunidad de Exportación, pues, es el único sistema mexicano reconocido por autoridades sanitarias de 17 países.
- Mayor vida de anaquel.

- Oferta de diversos productos y cortes.

Al cumplirse 60 años del sello Tipo Inspección Federal (TIF), México ha consolidado un sistema que cuenta con 360 establecimientos en 27 estados, a través de los cuales nuestro país, en 2010, logró abastecer con productos de calidad al mercado interno y divisas por 578 millones de dólares por la exportación de productos cárnicos.

5.2.4 Competitividad

Al partir de materia prima de calidad, se puede ofertar cortes y productos cárnicos tradicionales que requieren un periodo de maduración/fermentación, a compradores mayoristas, como hoteles, restaurantes y tiendas departamentales.

5.2.5 Capacitación constante

El sistema TIF es constantemente evaluado, por la revisión y del dictamen de SENASICA. Este trabajo es dinámico y constante, ya que una vez que se certifica, se continúa con un proceso de supervisión y verificación tanto a nivel central como estatal. Se auditan anualmente, por lo que se requiere de capacitación constante del personal, con la implementación de las Buenas Prácticas Pecuarias, requiere ofrecer mejores condiciones laborales a los trabajadores, ya que ellos forman parte del éxito de la empresa.

El entrenamiento mejora la productividad y la calidad, debido a que el personal entrenado podrá realizar las actividades por la vía correcta, sin gastar más tiempo y materiales.

Por lo anterior dicho, es importante que los productores evalúen sus sistemas de producción y valoren las ventajas que representa, en la economía del sector por el aumento de ganancias al reducir mermas y aumentar vida de anaquel, ofreciendo garantía del consumidor, al no invertir en medicamentos para aliviar enfermedades de transmisión alimentaria.

CAPÍTULO 6

Observaciones generales realizadas en campo a lo largo de la cadena productiva.

Se visitaron una granja de crianza de reses, una de crianza de cerdos, tres rastros municipales y dos rastros TIF, cuatros lugares de distribución mayorista y tres centros comerciales. A través del trabajo de campo se observó un sinnúmero de prácticas inadecuadas. Los sectores que más destacan por desviaciones a la normatividad son el transporte, los centros de matanza, su distribución y comercialización. Por los objetivos de este trabajo, solo se enfatiza en los puntos mencionados y se relaciona con las normas correspondientes. Al final del capítulo se ilustra lo observado con fotografías tomadas por la sustentante.

6.1 Transporte

Se pudo observar que los tiempos varían mucho durante el transporte, dependiendo del lugar de procedencia, manejo del conductor y contratiempos en carretera. A decir de los choferes los camiones jaula salen de noche y, aunque a veces hacen escalas innecesarias, cumplen con los tiempos establecidos de transporte mencionados en la NOM-051-ZOO-1995. Pero el estado de los animales no se inspeccionan a lo largo del recorrido, el transporte corre por cuenta del introductor en el caso de los rastros municipales, los rastros TIF tienen su propio transporte o permiten a los introductores utilizar transporte propio, siempre y cuando se encuentren limpios. Los días que se realizó la visita, ningún rastro cumplió la especificación del espacio mínimo recomendado para movilizar cerdos, que es de 0.45 m² por cerdo con promedio de 100 Kg de peso vivo.

Según la NOM-024-ZOO-1995:

Los vehículos destinados para el transporte de todo tipo de animales, deberá someterse a limpieza y desinfección antes y después de cada traslado, solamente los rastros TIF realizan esto, pero no utilizan desinfectantes diferentes para cada especie, como lo dicta la norma. En rastros municipales los camiones llegan y se van sucios y no se evita el escurrimiento de orina y heces al exterior del vehículo. En ambos rastros, los vehículos no cuentan con un área para disponer de cadáveres, la norma permite colocar hasta un 10 % de animales muertos de los que se transportan. Los dos tipos de rastros no le dan capacitación a los choferes que transportan al ganado. Los introductores pierden dinero por las contusiones y se sugiere la capacitación para que los conductores sean concientes de su trabajo, eviten frenar o acelerar bruscamente para que los animales no se caigan.

6.2 Recepción

La situación con los rastros municipales está completamente fuera de norma. Los cerdos esperan largos periodos de tiempo para ser desembarcados, están expuestos al sol, son bajados a golpes y gritos, con rampas en mal estado y muy pronunciadas, los animales son golpeados en extremo y presentan diversas heridas. Los animales llegan muy sucios y contaminados con heces fecales y orina de otros animales. No reciben un baño prematanza, recomendado por la Nom-194-SSA-1994. No existe inspección *antemortem*, pero si vienen debidamente documentados. Los animales caídos son arrastrados o los dejan tirados hasta que mueran. Los animales muertos en ocasiones son vendidos clandestinamente. El tiempo de descanso de los animales no lo cumplen ambos sistemas, para el caso de los cerdos, la premura de los clientes lo dificulta. El rastro TIF si los reposa pero oscila dependiendo del cliente. Los municipales solo los reposan lo que tardan en sacrificar el embarque anterior, los corrales están muy sucios y los animales sacrificados al siguiente día no reciben agua ni alimento.

Los rastros TIF se ocupan del bienestar animal desde el desembarque, los animales son bajados con botellas de plástico para no ser golpeados con palos o metales, son guiados con banderas de color y son marcados con siglas de la granja proveniente, para llevar un registro de trazabilidad. Los rastros TIF realizan la inspección *antemortem* con animal estático y caminando, como lo establece la NOM-009-ZOO-1994. Los animales caídos son llevados en transportes especiales tipo carretilla de acero inoxidable, con el fin de no lastimarlos más. Los animales no vienen tan sucios, pero solo en el rastro TIF que es exportador se lavan todos los animales, en el rastro de cerdos TIF visitado no todos los animales reciben baño *premortem*, únicamente los que vienen más sucios, porque es un establecimiento que tiene problemas de abastecimiento de agua potable y argumentan que es muy costoso pagar las pipas de agua.

6.3 Instalaciones y Personal.

Para este apartado se utilizó la NOM-194-SSA1-2004 como referencia y se pudo cotejar que en los rastros municipales la falta de instalaciones adecuadas permite el manejo de poca higiene, a pesar de contar con el espacio suficiente. La matanza se realiza en una sola área, no está dividida como lo establece la norma, no existe vado sanitario, el equipo y cuchillos utilizados no se esterilizan. No se cuenta con cajón de insensibilización; tampoco son utilizados recipientes de material inoxidable para la desinfección, ni los recipientes anticorrosivos que se exige para la remoción y almacenamiento de patas, cuernos y ubres. Los operarios no usan vestimentas adecuadas y presentan heridas en manos y brazos. El lugar de matanza es oscuro y se dificulta la operación y detección de contaminación, lesiones y petequías. No cuentan con las charolas necesarias para la recepción y análisis de vísceras, cuando el animal es eviscerado son tiradas al piso (Foto44)



Foto 44. Desviaciones sanitarias en los lugares de matanza.

El rastro TIF de cerdos tiene las instalaciones adecuadas y sí se encuentran las separaciones físicas de las áreas, aunque faltan vados sanitarios en un área, existen los esterilizadores pero no se esterilizan entre faenado de cada animal cuentan con charolas

para la recepción del eviscerado y si son analizadas, la zona de depilado y escaldado de los cerdos está bien iluminada, también la de evisceración, no así la zona de sangría para reses y cerdos. Cuentan con cajón de insensibilización y su propia lavandería de la ropa de trabajo, un pequeño laboratorio para realizar análisis microbiológico de muestras y superficies. Aunque algunos operarios no toleran el cubrebocas y los guantes, no se observó ningún operario sin ellos ni trabajando con heridas en manos y antebrazos.

6.4 Proceso de sacrificio

En el rastro municipal los animales no son insensibilizados y se sacrifican de manera inhumana, el proceso de sangría es insuficiente, los animales se sacuden y salpican de sangre a los demás, ocasionando contaminación cruzada. Algunas veces los cerdos todavía vivos son metidos a la tina de escaldado. Las reses se han caído por no sujetarlas bien al momento de izarlas, razón por la cual algunas canales presentan hematomas severos., no se recircula el agua de escaldado y hay mucha contaminación en los pisos y paredes, situación muy grave para la inocuidad, porque la microbiología de la carne es dependiente de las condiciones ambientales. No se realizan muestreos microbiológicos al agua que se suministra en pipas.

Las canales de reses son frecuentemente contaminadas con contenido intestinal porque no anudan esófago y recto. Las canales que se caen son arrastradas por el piso, contaminándose con sangre y detritus tirados. Generalmente las canales no se meten a refrigeración. Todo lo anterior incumple lo establecido por las normas NOM-009-ZOO-1994 “Proceso sanitario de la carne” y la NOM-033-ZOO-1995 “Sacrificio humanitario de los animales domésticos y silvestres”. Es importante mencionar que tampoco reciben capacitación, los conocimientos se transmiten por los mismos empleados o por diferentes generaciones.

Los rastros TIF difieren mucho de lo anterior, la SAGARPA visita mensualmente los establecimientos TIF y observa que los animales sean sacrificados en condiciones higiénicas y humanitarias. Con respecto a la capacitación no todos los establecimientos la reciben, incluso uno de los rastros visitados en esta investigación necesita hacer modificaciones en su sistema de matanza, aunque utilizan Procesos Operativos Estandarizados, no tienen establecido el sistema HACCP. En general si cumplen la Nom 033 –ZOO-1995. Si realizan insensibilización, inspección *postmortem*, utilizan agua potable, equipo adecuado, pero algunos operarios realizan desviaciones de las normas por la falta

de capacitación, por ejemplo, no esterilizan los cuchillos y equipo tan frecuente como lo establece la norma, no usan correctamente los cubrebocas y guantes que se les proporciona, aunque el proceso de sangría lo hacen correctamente, la mayoría de la sangre va al drenaje. Con respecto a los cerdos se reconoce como un punto crítico la etapa de escaldado, porque se lava y recircula el agua de la tina hasta el final de la jornada (aunque esta acción lo permite la norma). Ocasionalmente rompen intestinos de los animales durante el evisceramiento, pero son lavadas inmediatamente. Se realiza inspección postmortem y los decomisos son incinerados en planta de rendimiento. Para la etapa de oreado, los rastros TIF pasan las canales por un túnel de enfriamiento que a decir de los médicos responsables puede tardar 14 hrs. en disminuir la temperatura a 10°C. Lo destacable es que algunos dueños de obradores no quieren esperar a que disminuyan la temperatura de las canales y se las llevan calientes (~ 25°C), argumentando que existen mermas por acortamiento por frío y que llevan prisa por lo que se compromete la calidad microbiológica de la carne.

En ambos sistemas la falta de instalaciones adecuadas resta oportunidades de negocio, se desprevecha la utilidad de subproductos, y generalmente terminan mal utilizados, por ejemplo la sangre va al drenaje y solo unos cuantos litros se van a planta de rendimiento (solo los TIF). La SAGARPA no da capacitación para este tipo de procesos. Además de esto, en los municipales los cebos se venden a taqueros, o se tiran a los basureros.

6.5 Temperatura del transporte de distribución.

Dentro de la cadena productiva de la carne, la distribución presenta muchas deficiencias y desviaciones de la NOM-009-Z00-1994, que establece que el transporte de carne y sus productos frescos o industrializados, sólo se permitirá en vehículos en buen estado, limpios y acondicionados para el objeto; requiriéndose para los productos refrigerados, que los vehículos estén provistos de refrigeración o congelación y forrados de materiales lisos, impermeable, de fácil aseo, aprobados por la Secretaría. En los rastros municipales muy pocos transportistas se llevan las canales en camiones con refrigeración. Sus transportes están sucios y algunos llevan la carne tirada en el piso o mezclado con vísceras sin contenedores especiales. También se observaron objetos como escobas, bolsas, chamarras o desechos.

Además la norma establece que:

“Queda prohibido el transporte de carnes, vísceras y subproductos de origen animal en vehículos abiertos, a la intemperie o en cajuelas”. En la práctica diaria esto no se realiza, sobre todo los carniceros minoristas.

En los TIF algunos clientes también tienen problemas con la refrigeración de sus transportes, los conductores que llevan la carne a lugares cercanos argumentan que a los consumidores les gusta ver que las canales lleguen calientitas, para ellos es sinónimo de frescura. Los tráileres y camiones que llevan la carne a obradores y establecimientos TIF son la excepción, se les exige temperaturas de 4°C o menos durante su traslado sobre todo si el transporte es propiedad del rastro (NOM-024-ZOO-1995).

Cuando se cuestionó la problemática, los responsables mencionaron que a ellos solo les compete la parte de maquila y el transporte TIF. Esto demuestra la falta de integración de la cadena.

6.6 Comercialización.

Según la NOM-194-SSA-1994: Los establecimientos de venta al mayoreo y al detalle deben contar con unidades de refrigeración o congelación vitrinas o mostradores con termómetro. Los comerciantes mayoristas cuentan con las unidades de refrigeración algunos con las vitrinas y mostradores pero son mal utilizadas o no las utilizan, en sus cámaras de refrigeración también se encuentran otros utensilios como escobas, cubetas, botas y ropa sucia de los trabajadores. La temperatura no se encuentra dentro de las especificaciones. (Foto 45) Las superficies si son lisas y de fácil limpieza, pero la mayoría sigue cortando la carne en los bancos de madera, a excepción de los supermercados. La mayoría de establecimientos visitados si lavan el molino al final de la jornada, pero no al inicio.

Durante la recepción de los productos no revisan cómo viene la carne, si tiene alteraciones de color, olor y textura. No verifican que las vísceras y productos troceados lleguen dentro de envases cerrados. Los grandes productores tienen camiones específicamente para transportar vísceras, pero los operarios a veces las tiran en el piso.

Existe abuso de la temperatura, las canales son exhibidas a la intemperie durante mucho tiempo. A los consumidores les gusta ver las canales fuera, así piensan que la carne comprada es fresca.

La carne que comienza una descomposición es enchilada y vendida como carne al pastor o para hamburguesas, algunos las marinan y empacan al vacío, enmascarando los olores desagradables con aditivos que no son especificados, porque no se venden con etiquetas. Aun así son mostradas y vendidas sin refrigeración.

No llevan un registro de la fecha y denominación de los productos o por lo menos es de manera subjetiva, no está documentada con lo que pide la norma: denominación del producto, procedencia, cantidad total, temperatura, número de lote; fecha de sacrificio, envasado, caducidad; quien realizó la recepción.

Otros registros que se necesitan para la venta al mayoreo son:

Los productos que salen indicando fecha de salida, destino, cantidad, lote, temperatura del producto, datos que identifiquen al transporte (placas, responsable o chofer, compañía, así como la temperatura del transporte.

De acuerdo con la norma deben existir en los establecimientos leyendas de información y orientación como: "Conserve el producto en refrigeración o congelación", "Por la salud de su familia, "Enjuague perfectamente la carne antes de cocinarla", "Este producto debe consumirse bien cocinado o frito".

Por otra parte, existe contaminación cruzada porque la carne es pesada en contacto directo con la báscula, hay acumulación de grasa, despojos y desechos en las superficies de corte, almacén y utensilios. En ocasiones la carne es tirada en el piso o pateada por los trabajadores, la toman con las manos sucias y con heridas. Mucha de esta carne viene de rastros TIF, los expendios mayoristas desaprovechan todo el trabajo anterior (Foto 45).

La situación de supermercados también tiene abusos de temperatura, cuando el cliente lo deja en las cajas o en otros departamentos, además no existen leyendas o letreros que indiquen cual carne es de importación y su procedencia.



Foto 45. Desviaciones de temperatura en la comercialización de la carne (Fotos Juana Villada)

CONCLUSIONES

Conclusiones

La producción de carne en México y sus productos tiene la finalidad de abastecer los alimentos que satisfacen la demanda de proteína de origen animal. Aunque, no sólo es necesario producir la cantidad suficiente, es indispensable asegurar que estos productos tengan calidad, tanto sensorial como sanitaria.

- ✓ La revisión bibliográfica y la evidencia fotográfica, exponen, que la obtención de carne en rastros municipales, no se realiza en las condiciones adecuadas y que su contaminación es la suma de todas las operaciones efectuadas durante su matanza y faenado.
- ✓ Las malas prácticas en la distribución, son en general de abusos de temperatura.
- ✓ Los rastros TIF de exportación trabajan bajo las normas establecidas, pero también existen rastros con este registro que necesitan de más capacitación de los operarios de toda su infraestructura. Se observaron algunas desviaciones de las normas, el responsable sanitario trabaja con los elementos proporcionados, pero es difícil compaginar con la idiosincrasia de los operarios dedicados a la matanza.

- ✓ SAGARPA no les da capacitación, incluso la de las altas jerarquías corre por cuenta propia. Aún así, la diferencia entre los dos sistemas de matanza es abismal.
- ✓ Las malas prácticas mencionadas representan un alto riesgo en la elaboración de productos cárnicos, por dos razones principales: La carne, es el componente mayoritario de las materias primas utilizadas para la elaboración de los mismos; y porque la mayoría de la carne, es obtenida en rastros municipales, ya que, representan el 80% de los rastros que operan en el país.
- ✓ Se propone implementar el sistema TIF a rastros municipales, como medida, para garantizar la inocuidad de los productos; que partiendo de buena materia prima y elaborados con cultivos starter, se obtendrán y potenciarán características deseables, sin la adición de reactivos químicos. De esta manera, se cumplirán las demandas de los consumidores que exigen productos mínimamente procesados.
- ✓ Los buenos resultados dependen de los conocimientos, por lo que se sugiere pedir a las autoridades correspondientes la capacitación necesaria para desarrollar aptitudes del personal y de los grupos de interés de cada empresa participante, es decir de cada uno de los segmentos de la cadena productiva.

- ✓ Como el factor económico es determinante en la toma de decisiones, se sugiere, aprovechar el apoyo que ofrece el Gobierno Federal a través de la SAGARPA y el programa "Infraestructura para rastros TIF", para fortalecer el acceso de los pequeños productores a la información, el conocimiento, la tecnología y las políticas públicas.

BIBLIOGRAFÍA

- Abdullah, Y., Rasha, I. Q. (2009) Effect of slaughter weight and aging time on the quality of meat from Awassi ram lambs. *Meat Science*, 82: 309–316.
- Abrams, D., Barbosa, J., Albano, H., Silva, J., Gibbs, P.A., Teixeira, P. (2011) Characterization of bacPPK34 a bacteriocin produced by *Pediococcus pentosaceus* strain K34 isolated from "Alheira". *Food Control*, 22: 940-946.
- Acuff, G. R., Vanderzant, C., Savell, J. W., Jones, D. K., Graffin, D. B., & Ehlers, J. G. (1987). Effect of acid decontamination of beef subprimal cuts on microbiology and sensory characteristics of steaks. *Meat Science*, 19(3): 217–226.
- Aksu, M. I., & Kaya, M. (2002) The possibilities for the use of commercial starter cultures in pastirma production. *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences*, 26: 917–923.
- Aktas, N., Aksu, M. I., Kaya, M. (2005) Changes in myofibrillar proteins during processing of pastirma (Turkish dry meat product) produced with commercial starter cultures. *Food Chemistry*, 90: 649–654
- Ammor, S., Rachman, C., Chaillou, S., Prevost, H., Dousset, X., Zagorec, M., et al. (2005) Phenotypic and genotypic identification of lactic acid bacteria isolated from a small-scale facility producing traditional dry sausages. *Food Microbiology*, 22: 373–382.
- Ammor, M. S., & Mayo, B. (2007) Selection criteria for lactic acid bacteria to be used as functional starter cultures in dry sausage production: an update. *Meat Science*, 76: 138-146.
- Anders, P. W., Martinez, I., Ludvig, R.O. (2009) Myosin heavy chain degradation during post mortem storage of Atlantic cod (*Gadus morhua* L.). *Food Chemistry*, 115: 1228–1233.
- Aro- Aro, J. M., Nyam-Osor, P., Tsuji, K., Shimada, K., Fukushima, M., Sekikawa, M. (2010) The effect of starter cultures on proteolytic changes and amino acid content in fermented sausages. *Food Chemistry*, 119: 279-285.
- Arthur, T.M., Brichta-Harhay, D.M., Bosilevac, J.M., Kalchayanand, N., Shackelford, S.D., Wheeler, T. L., Koohmaraie, M. (2010) Super shedding of *Escherichia coli* O157:H7 by cattle and the impact on beef carcass contamination. *Meat Science* 86: 32–37.
- Asefa, D.T., Kure, C. F., Gjerde, R. O., Omer, M. K., Langsrud, S., Nesbakken, T., Skaar, I. (2010) Fungal growth pattern sources and factors of mould contamination in a dry-cured meat production facility, *International Journal of Food Microbiology*, 140:131–135
- Ashdown, R.R., Done S.H. (2010) *Color Atlas of veterinary anatomy V1 the ruminants*. Mosby Elsevier. pp 29-30.
- Aymerich, M.T., Hugas, M., Monfort, J.M., 1998. Review: bacteriocinogenic lactic acid bacteria associated with meat products. *Food Science Technology. Int.* 4, 141–158.
- Babić I., Markov, K., Kovačević, D., Trontel, A., Slavica, A., Đugum, J., Čvek, D., Svetec, I.K., Posavec, S., Frece, J. (2011) Identification and characterization of potential autochthonous starter cultures from a Croatian "brand" product "Slavonski kulen" *Meat Science*, 88: 517-524.
- Becerril-Herrera, M. (2011) Errores comunes en la recepción y matanza de los animales de abasto que arriban al rastro. *Memorias del II Curso de Bienestar Animal y Calidad de la Carne. FMVZ. UNAM.* 28 y 29 de Marzo de 2011. Ciudad Universitaria.
- Becerril-Herrera, M., Alonso-Spilsbury, M., Trujillo-Ortega, M., Guerrero Legarreta, I., Ramírez-Necoechea, R., Roldan-Santiago, P., et al. (2010). Changes in blood constituents of swine transported for 8 or 16 h to an abattoir. *Meat Science*, 86, 945–948.
- Becerril-Herrera, M., Alonso-Spilsbury, M., Lemus-Flores, C., Guerrero-Legarreta, I., Olmos-Hernández, A., Ramírez-Necoechea, R., Mota-Rojas, D. (2009). CO₂ stunning may compromise swine welfare compared with electrical stunning. *Meat Science*. 81:233-237.
- Beldarraín, T., Cepero, Y., Bruselas, A., Santos, R., Ramos, R., Moya, Y., Nuñez, M., Vergara, N. (2008) Caracterización de cultivos iniciadores en productos cárnicos. Parte 2. Instituto de investigaciones para la Industria Alimenticia. *La Habana Cuba. Ciencia y Tecnología de Alimentos Vol. 18, No. 3: 35-39.*

- Bertram, H.C., Jakobsen, H.J., Andersen, H.J., Karlsson, A.H., Engelsen, S.B. (2003) Post-Mortem Changes In Porcine M. Longissimus Studied By Solid-State ¹³C Cross-Polarization Magic-Angle Spinning Nuclear Magnetic Resonance Spectroscopy Journal. Agriculture. Food Chemistry. 51: 2064-2069.
- Bosi, P., Cacciavillani, J.A., Casini, L., Lo Fiegoa, D.P., Marchetti, M., Mattuzzi, S. (2000) Effects of dietary high oleic acid sun ower oil, copper and vitamin E levels on the fatty acid composition and the quality of dry cured Parma ham. Meat Science, 54: 119-126.
- Botteldoorn, N., Heyndrickx, M., Rijpens, N., Grijspeerdt, K., Herman, L. (2003) Salmonella on pig carcasses: positive pigs and cross contamination in the slaughterhouse. Journal of Applied Microbiology, 95: 891-903
- Brewer, M.S. (2009) Irradiation effects on meat flavor: A review. Meat Science 81: 1-14.
- Brightwell, G., Clemens, R., Shelley, U., Boerema, J., (2007). Possible involvement of psychrotolerant Enterobacteriaceae in blown pack spoilage of vacuum-packaged raw meats. International Journal of Food Microbiology, 119:334-339.
- Bruna, J.M., Ordoñez, J.A., Hierro, Fernández, M., Herranz, B., de la Hoz, L., (2001) Microbial and physico-chemical changes during the ripening of dry fermented sausages superficially inoculated with or having added an intracellular cell-free extract of Penicillium aurantiogriseum. Meat Science, 59:87-96
- Buncic, S., et al., Microbial pathogen control in the beef chain: Recent research advances, Meat Science (2013), <http://dx.doi.org/10.1016/j.meatsci.2013.04.040>.
- Calkins C.R., Hodgen J.M. (2007) A fresh look at meat flavor. Meat Science, 77: 63-80.
- Campo, M.M., Nute, Wood, G.R., Elmore, S.J., Mottram, D.S., Enser, M. (2003) Modelling the effect of acids in odour development of cooked meat in vitro: part I-sensory perception. Meat Science, 63: 367-375.
- Casaburi, A., Aristoy, M. C., Cavella, S., Di Monaco, R., Ercolini, D., & Toldra, F. (2007) Biochemical and sensory characteristics of traditional fermented sausages of Vallo di Diano (Southern Italy) as affected by the use of starter cultures. Meat Science, 76: 295-307.
- Castellano, P., Belfiore, C., Fadda, S., & Vignolo, G. (2008). A review of bacteriocinogenic lactic acid bacteria used as bioprotective cultures in fresh meat produced in Argentina. Meat Science, 79, 483-499.
- Castellano P., González C., Carduza F., Vignolo G. (2010) Protective action of Lactobacillus curvatus CRL705 on vacuum-packaged raw beef. Effect on sensory and structural characteristics. Meat Science, 85: 394-401.
- Cenci-Goga B.T., Ranucci D., Miraglia D., Cioffi A. (2008) Use of starter cultures of dairy origin in the production of Salame nostrano, an Italian dry-cured sausage. Meat Science 78 381-390.
- Coconcelli, Pier S. and Fontana Cecilia 2010 Starter Cultures for Meat Fermentation Handbook of Meat Processing Edited by Fidel Toldrá. Capítulo 10.
- Coconcelli, P. S., & Fontana, C. (2008). Characteristics and applications of microbial starters in meat fermentations. In F. Toldrá (Ed.), Meat biotechnology (pp. 129-148). New York: Springer
- Corbiere Morot-Bizot, S., Leroy, S., Talon, R. (2007). Monitoring of staphylococcal starters in two French processing plants manufacturing dry fermented sausages. Journal of Applied Microbiology, 102: 238-244
- Corbiere Morot-Bizot S., Leroy, S., & Talon, R. (2006). Staphylococcal community of a small unit manufacturing traditional dry fermented sausages. International Journal of Food Microbiology, 108(2): 210-217.
- Corbiere, Morot-Bizot, S., Leroy, S., & Talon, R. (2006). Staphylococcal community of a small unit manufacturing traditional dry fermented sausages. International Journal of Food Microbiology, 108 :210-217.

- Cox Janice (2007) "La Producción Pecuaria Intensiva Parte del problema de la pobreza". Informe de la sociedad mundial para la protección animal.
- Crandall, P.G., O'Bryan, C.A., Babu, D., Jarvis, N., Davis, M.L., Buser, M., Adam, B., Marcy, J. & Ricke, S.C., (2013), Whole-chain traceability, is it possible to trace your hamburger to a particular steer, a U. S. perspective, *Meat Science*, doi: 10.1016/j.meatsci.2013.04.022.
- Dal Bello B., Rantsiou K, Bellio A, Zeppa, G, Ambrosoli R, Civera T, Cocolin L. (2010) Microbial ecology of artisanal products from North West of Italy and antimicrobial activity of the autochthonous populations. *Food Science and Technology*, 43: 1151-1159.
- Dalmis, U., Soyer, A. (2008) Effect of processing methods and starter culture (*Staphylococcus xylosum* and *Pediococcus pentosaceus*) on proteolytic changes in Turkish sausages (sucuk) during ripening and storage. *Meat Science*, 80:345-354
- Davila D., Saguer, E, Toldrá M., Carretero, C., Parés D. (2006) Preservation of porcine blood quality by means of lactic acid bacteria. *Meat Science*, 73:386-393.
- De Smet S., De Zutter L., Van Hende, J., Houf, K. (2010) *Arcobacter* contamination on pre- and post-chilled bovine carcasses and in minced beef at retail. *Journal of Applied Microbiology*, 108: 299-305
- Delgado-Pando, G., Cofrades, S., Ruiz, C., Triki M., Jiménez, F. (2012) *Meat Science* 92: 762-767
- Desmarchelier P., Fegan N., Smale N., Small A. (2007) Managing safety and quality through the red meat chain *Meat Science* 77: 28-35.
- Díaz Cruz A. (2011) El estrés oxidativo en los animales domésticos. Memorias del II Curso de Bienestar Animal y Calidad de la Carne. FMVZ. UNAM. 28 y 29 de Marzo de 2011. Ciudad Universitaria.
- Dubal, Z., Paturkar, A., Waskar, V., Zende, R., Latha, C., Rawool, D., et al. (2004). Effect of food grade organic acids on inoculated *S.aureus*, *L. monocytogenes*, *E. coli* and *S. typhimurium* in sheep/goat meat stored at refrigeration temperature. *Meat Science*, 66, 817
- Durá, M.A. Flores M., Toldrá F. (2004) Effect of *Debaryomyces* spp. on the proteolysis of dry-fermented sausages. *Meat Science*, 68: 319-328.
- Dyubele N.L., Muchenje V., Nkukwana T. T., Chimonyo M. (2010). Consumer sensory characteristics of broiler and indigenous chicken meat: A South African example. *Food Quality and Preference*. 21: 815-819
- Ekiz, B., Ekiz, E. E., Yalcintan, H., Kocak O, Yilmaz, (2012) A. Effects of suckling length (45, 75 and 120 d) and rearing type on cortisol level, carcass and meat quality characteristics in Kivircik lambs. *Meat Science*, 92: 53-61
- Ellouze, M., Augustin J-C. Applicability of biological time temperature integrators as quality and safety indicators for meat products. (2010) *International Journal of Food Microbiology*, 138: 119-129.
- Fadda, S., Chambon, C., Champomier-Vergés M.C., Talon, R., Vignolo, G. (2008) *Lactobacillus* role during conditioning of refrigerated and vacuum packaged Argentinean meat *Meat Science*, 79: 603-610.
- Fernández, M., Ordoñez, J. A., Bruna, J. M., Herranz, B., & Hoz, L. (2000). Accelerated ripening of dry fermented sausages. *Trends in Food Science and Technology*, 11: 201-209.
- Flores, M., and Toldra, F. Microbial enzymatic activities for improved fermented meats. (2011) *Trends in Food Science & Technology*, 22 81-90
- Franco, I., Prieto, B., Cruz, J.M., López, M, Carballo, J. (2002) Study of the biochemical changes during the processing of Androlla, a Spanish dry-cured pork sausage. *Food Chemistry*, 78 339-345
- Franco, D., Bispo, E, González, L., Vázquez, J.A., Moreno, T. (2009) Effect of finishing and ageing time on quality attributes of loin from the meat of Holstein-Friesian cull cows. *Meat Science*, 83: 484-491
- García, I., Zumalacárregui, J.M., Díez V. (1995) Microbial succession and identification of Micrococcaceae in dried beef cecina, an intermediate moisture meat product. *Food Microbiology*, 12: 309-315.

- Gaspardo, B. , Procida G., Toso B. , Stefanon, B. (2008) Determination of volatile compounds in San Daniele ham using headspace GC–MS. *Meat Science* 80 204–209.
- Gil M., Ramírez J. A., Pla M., Ariño B., Hernández P., Pascual M., Blasco A., Guerrero L., Hajós G., Szerdahelyi E.N., Oliver M.A. (2006) Effect of selection for growth rate on the ageing of myofibrils, meat texture properties and the muscle proteolytic potential of *m. longissimus* in rabbits. *Meat Science*, 72:121–129.
- Gill, C.O. (1983). Meat Spoilage and Evaluation of the Potential Storage Life of Fresh Meat. *Journal of Food Protection*, 5: 444-452.
- Gill, C.O., McGinnis, J.C. and Bryant, J. (1998) Microbial contamination of meat during the skinning of beef carcass hindquarters at three slaughtering plants. *International Journal of Food Microbiology* 42: 175–184.
- Gill, C. O. (1976). Substrate limitation of bacterial growth at meat surfaces. *Journal Applied. Bacteriology.*, 41: 401-410.
- Goll D. E., Neti G., Mares S. W. & Thompson V. F. (2008). Myofibrillar protein turnover: The proteasome and the calpains. *Journal of Animal Science*, 86, 19:35.
- González-Fernández, C., Santos, E. M., Jaime, I., & Rovira, J. (2003). Influence of starter cultures and sugar concentrations on biogenic amine contents in chorizo dry sausage. *Food Microbiology.*, 20: 275-284.
- Grandin, T. (2010). Welfare during transport of livestock and poultry. In T. Grandin (Ed.), *Improving animal welfare: a practical approach* (pp. 115–138). Cambridge: Cambridge University Press.
- Grandin, T. (2003). Transferring results of behavioral research to industry to improve animal welfare on the farm, ranch and the slaughter plant. *Applied Animal Behaviour Science*, 81, 215-228.
- Grazia, L., Suzzi, G., Romano, P., & Giudici, P. (1989). The yeasts of meat products. *Yeast (Suppl.)*, S495–S499.
- Gregory N.G. (2008) Animal welfare at markets and during transport and slaughter. *Meat Science*, 80: 2–11.
- Guerrero Legarreta I., Mota Rojas D. (2010) “Transformaciones bioquímicas del músculo a carne”. *Memorias del Curso Bienestar del Cerdo y Calidad de la Carne. FMVZ. UNAM. 24 y 25 de junio de 2010. Ciudad Universitaria.*
- Guerrero-Legarreta, I. El Estrés Antemortem y La Calidad De La Carne. Conferencia Magistral. *Memorias del II Curso de Bienestar Animal y Calidad de la Carne. FMVZ. UNAM. 28 y 29 de Marzo de 2011. Ciudad Universitaria.*
- Hammes W.P. (2012) Metabolism of nitrate in fermented meats: The characteristic feature of a specific group of fermented foods *Food Microbiology*, 29:151-156
- Hansen, E. B. (2002). Commercial bacterial starter cultures for fermented foods of the future. *International Journal of Food Microbiology*, 78: 119– 131
- Hernández S., Zúñiga A., Sánchez I., Castro J., Román A.D., Santos E.M. (2007) Microbiological conditions during the slaughter process at a municipal slaughterhouse in Hidalgo, Mexico. *Veterinary. Méx.*, 38 (2) 187-195.
- Hopkins D.L., Thompson J.M. (2001) Degradation of myofibrillar proteins, examination and determination of free calcium levels *Meat Science*, 59: 199–209.
- Huff Lonergan, E; Zhang W., Lonergan S. (2010) Biochemistry of postmortem muscle Lessons on mechanisms of meat tenderization, *Meat Science*, 86:184-195.
- Huff-Lonergan, E., y Lonergan, S. M. (2005) Mechanisms of water-holding capacity of meat: The role of postmortem biochemical and structural changes. *Meat Science*, 71:194-204.
- Hurd HS, McKean JD, Griffith RW, Wesley IV, Rostagno MH. (2002) *Salmonella enterica* infections in market swine with and without transport and holding. *Applied Environmental Microbiology*; 68:2376-2381.

- Hutkins, R.,W. Starter Cultures (2006) Microbiology and Technology of Fermented Foods. Blackwell Publishing
- Jaichumjai, P., Valyasevi R, Assavanig A, Kurdi P. (2010) Isolation and characterization of acid-sensitive *Lactobacillus plantarum* with application as starter culture for Nham production. *Food Microbiology*, 27: 741-748.
- Jenson, I., Sumner, J. (2012) Performance standards and meat safety Developments and direction *Meat Science* 92 260–266.
- Johansson, G., Berdague, J. L., Larsson, N. T., & Borch, E. (1994).Lipolysis, proteolysis and formation of volatile components during ripening of a fermented sausage with *Pediococcus pentosecaus* and *Staphylococcus xylosus* as starter cultures. *Meat Science*, 38, 203–218.
- Jones, R. J., Zagorec, M., Brightwell G., Tagg, J. R. (2009) Inhibition by *Lactobacillus sakei* of other species in the flora of vacuum packaged raw meats during prolonged storage. *Food Microbiology*, 26: 876–881.
- Jones, R.J., Hussein, H.M., Zagorec, M., Brightwell, G., Tagg, J.R., (2008). Isolation of lactic acid bacteria with inhibitory activity against pathogens and spoilage organisms associated with fresh meat. *Food Microbiology*. 25, 228–234.
- Jurado A., García C., Timón M.L., Carrapiso A.I. (2007) Effect of ripening time and rearing system on amino acid-related flavour compounds of Iberian ham. *Meat Science* 75: 585–59.
- Kadim I.T., Mahgoub O., Al-Kindi A., Al-Marzooqi W., Al-Saqri N.M. (2006) Effects of transportation at high ambient temperatures on physiological responses, carcass and meat quality characteristics of three breeds of Omani goats. *Meat Science*, 73: 626–634.
- Kemp, C.M., Sensky, P., Bardsley, G. (2010). Tenderness – An enzymatic view. *Meat Science* 84: 248–256.
- Kenneally, P. M., Fransen, N. G., Grau, H., O'Neill, E. E., & Arendt, E. K. (1999). Effects of environmental conditions on microbial proteolysis in a pork myofibril model system. *Journal of Applied Microbiology*, 87: 794–803.
- Khliji S., van de Ven R., Lamb T.A., Lanza M., Hopkins D.L. (2010) Relationship between consume ranking of lamb colour and objective measures of color. *Meat Science*, 85: 224–229.
- Knowles, T.G. 1998. A review of the road transport of slaughter sheep. *Veterinary Record*143: 212-219. En: González-Lozano, M., Orozco-Gregorio H, Trujillo-Ortega, M.E. Guerrero-Legarreta, I. Mota-Rojas, D. Alternativas para atenuar el estrés animal durante su viaje al rastro Memorias del II Curso de Bienestar Animal y Calidad de la Carne. FMVZ. UNAM. 28 y 29 de Marzo de 2011. Ciudad Universitaria.
- Kończak T, Krzysztoforski K, Palka K. (2007) The effect of post-mortem ageing and heating on waterretention in bovine muscles. *Meat Science* 75: 655–660.
- Koohmaraie M. & Geesink G. H. (2006). Contribution of postmortem muscle biochemistry to the delivery of consistent meat quality with particular focus on the calpain system. *Meat Science*, 74, 34-43
- Koutsoumanis, K.P., Stamatiou, A.P., Drosinos, E.H., Nychas, G.-E., (2008). Control of spoilage microorganisms in minced pork by a self-developed modified atmosphere induced by the respiratory activity of meat microflora. *Food Microbiology* 25: 915–921.
- Kyl"ä-Puhju M, Ruusunen M, Kivikari R, Puolanne E. (2005). The buffering capacity of porcine muscles. *Meat Science* 67:587–93.
- Labadie, J., (1999). Consequences of packaging on bacterial growth. Meat is an ecological niche. *Meat Science* 52, 299–305.
- Lamare, M., Taylor, R. G., Farout, L., Briand, Y., and Briand, M. (2002). Changes in proteasome activity during postmortem aging of bovine muscle *Meat Science*, 61: 199–204
- Lambertini, L., Vignola, G., Badiani, A., Zaghini G., Formigoni A., (2006) The effect of journey time and stocking density during transport on carcass and meat quality in rabbits. *Meat Science*, 72: 641–646

- Larrouture, C., Ardaillon, V., Pe'pin, M., Montel, M.C., (2000) Ability of meat starter cultures to cataboliz leucine and evaluation of the degradation products by using an HPLC method. *Food Microbiology*, 17:563– 570.
- Lebert, I., Leroy, S., & Talon, R. (2007). Microorganisms in traditional fermented meats. In F. Toldra, W.-K. Nip, J.G. Sebranek, L.H. Stahnke, Expedito T. F. Silvera, R. Talon (the Associate Editor) & Y.H. Hui (Administrative Editor) (Eds.), *Handbook of Fermented Meat and Poultry* (pp. 113–124).
- Lee S. H; Joo S.T; Ryu Y.C. (2010), Skeletal muscle fiber type and myofibrillar proteins in relation to meat quality *Meat Science*, 86: 166–170.
- Lefaucheur L. (2010). A second look into fibre typing – Relation to meat quality *Meat Science* 84: 257–270.
- Legarreta, I. (2009). Effects of pre-slaughter transport, lairage and sex on pig chemical serologic profiles. *Journal of Animal and Veterinary Advances*, 8 :246-250.
- Leroy, F., Verluyten, J., & De Vuyst, L. (2006). Functional meat starter cultures for improved sausage fermentation. *International Journal of Food Microbiology*, 106: 270–285.
- Leroy, F., & Vuyst, L. (2004). Lactic acid bacteria as functional starter cultures for the food fermentation industry. *Trends in Food Science and Technology*, 15(2): 67–78.
- Lizaso G., Chasco J. and Beriain M. J. (1999). Microbiological and biochemical changes during ripening of salchichón, a Spanish dry cured sausage. *Food Microbiology*, 16: 219-228.
- López-López A., Jiménez Vera R. (2008) Bioconservación de carne molida de res y cerdo. *Universidad de Yucatán Revista de la Facultad de Ingeniería Química*, N° 47: 3-9.
- Luchansky JB, Phebus RK, Thippareddi H, Call AE. (2008). Translocation of surfaceinoculated *Escherichia coli* O157:H7 into beef subprimals following blade tenderization. *Journal Food Protection.*, 71:2190–2197.
- Mah, J.-H., Ahn, J.-B., Park, J.-H., Sung, H.-C., & Hwang, H.-J. (2003). Characterization of biogenic amine-producing microorganisms isolated from Myeolchi-Jeot, Korean salted and fermented anchovy. *Journal of Microbiology and Biotechnology*, 13: 692–699.
- Mah, J.-H., Hwang, H.-J. (2009) Inhibition of biogenic amine formation in a salted and fermented anchovy by *Staphylococcus xylosus* as a protective culture. *Food Control*, 20: 796–801.
- Mancini R.A., y Hunt M.C. (2005) Current research in meat color. *Meat science*, 71:100-121.
- Martin, B., Garriga, M., Hugas, M., & Aymerich, T. (2005). Genetic diversity and safety aspects of enterococci from slightly fermented sausages. *Journal of Applied Microbiology*, 98(5), 1177–1190.
- Martín A., Córdoba J.J., Rodríguez M.M., Nuñez F., y Asencio M.A. (2001) Evaluation of microbial proteolysis in meat products by capillary electrophoresis. *Journal of Applied Microbiology*, 90: 163-171.
- Marty, E., Buchs, J., Eugster-Meier, E., Lacroix, C., Meile, L. (2012) Identification of staphylococci and dominant lactic acid bacteria in spontaneously fermented Swiss meat products using PCR-RFLP *Food Microbiology*, 29 :157-166
- Matsuishi, M., Igeta, M., Takeda, S., Okitani, A. (2004). Sensory factors contributing to the identification of the animal species of meat. *Journal of Food Science*, 69: S218–S220.
- Mauriello, G., Casaburi, A., Villani, F. (2002). Proteolytic activity of *Staphylococcus xylosus* strains on pork myofibrillar and sarcoplasmic proteins and use of selected strains in the production of Naples type salami. *Journal of Applied Microbiology*, 92: 482–490.
- Mazzone G., Vignola G., Giammarco M., Manetta A.C., Lambertini L. (2010) Effects of loading methods on rabbit welfare and meat quality. *Meat Science*, 85: 33–39
- Miranda-de la Lama, G. C., Villarroel, M., Olleta, J. L., Alierta, S., Sañudo, C., & Maria, G. A. (2009) Effect of the pre-slaughter logistic chain on meat quality of lambs. *Meat Science*, 83: 604–609.

- Molly, K., Demeyer, D., Johansson, G., Raemaekers, M., Ghistelinck, M., & Geenen, I. (1997). The importance of meat enzymes in ripening and flavour generation in dry fermented sausages. First results of a European project. *Food Chemistry*, 59: 539–545.
- Monsón F., Sañudo C., Sierra I. (2005) Influence of breed and ageing time on the sensory meat quality and consumer acceptability in intensively reared beef. *Meat Science*, 71: 471–479
- Mota-Rojas, D., Becerril-Herrera, M., Trujillo-Ortega, M. E., Alonso-Spilsbury, M., Flores-Peinado, S. C., Guerrero-Legarreta, I. (2009). Effects of pre-slaughter transport, lairage and sex on pig chemical serologic profiles. *Journal of Animal and Veterinary Advances*, 8 (2):246-250
- Mota-Rojas, D., Becerril, M., Lemus, C., Sánchez, P., González-Lozano, M., Olmos, S. A., Ramírez, R., Alonso-Spilsbury, M. (2006). Effect of different periods of transport on pre- and post slaughter performance and pork quality. *Meat Science*, 73: 404-412.
- Mota-Rojas, D., Becerril-Herrera, M., Lemus, F.C., Alonso, S.M.L., Ramírez-Necochea. 2005. *Calidad de la Carne, Salud Pública e Inocuidad Alimentaria*. México: Universidad Autónoma Metropolitana. Serie Académicos CBS No. 52. 353 pp.
- Mottram D. S. Flavour formation in meat and meat products a review (1998). *Food Chemistry*, 62: 415-424.
- Muriel, E., Antequera, T., Petro´n, M. J., Andre´s, A. I., & Ruiz, J. (2004a). Volatile compounds in Iberian dry cured loin. *Meat Science*, 68: 391–400.
- Muriel, E., Ruiz, J., Marti´n, D., Petro´n, M. J., & Antequera, T. (2004b). Physico-chemical and sensory characteristics of dry-cured loin from different Iberian pig lines. *Food Science and Technology International*, 10: 117–123.
- Narasimha, D. (1992). The Microbiology of Modern Indian Abattoir *Meat Science*, 32: 425-436.
- Nielsen D S., Jacobsen T , Jespersen L , Granly A.K, Arneborg N. (2008) Occurrence and growth of yeasts in processed meat products Implications for potential spoilage *Meat Science*, 80: 919–926
- Nishimura, T, (2010) The role of intramuscular connective tissue in meat texture *Animal Science Journal*, 81:21 -27
- Nowak, A , Piotrowska, M.(2012), Biochemical activities of *Brochothrix thermosphacta* *Meat Science*, 90: 410–413.
- Nowak, A., & Czyzowska, A. (2011). In vitro synthesis of biogenic amines by *Brochothrix thermosphacta* isolates from meat and meat products and the influence of other microorganisms. *Meat Science*, 88, 571–574.
- Nychas E., Skandamis P. N. ,Tassou ,Konstantinos P. Koutsoumanis(2008) Meat spoilage during distribution *Meat Science*, 78 : 77–89
- Offer, G., & Cousins, T. (1992). The mechanism of drip production -formation of 2 compartments of extracellular-space in muscle postmortem. *Journal of Science Food and Agriculture*, 58, 107–116.
- Offer, G., & Knight, P. (1988). The structural basis of water-holding in meat. In R. Lawrie (Ed.). *Development in meat science* (Vol. 4, pp. 63–243). London: Elsevier Science Publications .
- Oliver M.A. (2006) Effect of selection for growth rate on the ageing of myofibrils, meat texture properties and the muscle proteolytic potential of *m. longissimus* in rabbits. *Meat Science*, 72:121–129
- Ouali A., Herrera-Mendez C.H., Coulis G., Becila S., Boudjellal A., Aubry L., Sentandreu M.A. (2006). Revisiting the conversion of muscle into meat and the underlying mechanism. *Meat Science*, 74: 44-58.
- Peighambardousta, S.H, Golshan, T A., Hesari, J. (2011) Application of spray drying for preservation of lactic acid starter cultures: a review *Trends in Food Science & Technology*, 22: 215-224
- Pérez-Dube D.,Andújar-Robles G.(2000) Cambios de coloración de los productos cárnicos.*Rev.Cubana Aliment Nutr*, 14(2) :114-123.

- Pérez, L., Guerrero, I. y Ponce, E. (2000). Estructura del músculo y conversión en carne. En: Nuevas Tendencias en la Tecnología e Higiene de la Industria Cárnica. M. Rosmini, J.A. Pérez y J Fernández. Universidad Miguel Hernández, Orihuela, España.
- Ponce, E. (2006). Cambios bioquímicos pre y post mortem. Cap. 4. En: Ciencia y tecnología de carne. Hui, H., Guerrero, I. y Rosmini, M. Edit. Limusa. México, 128-131.
- Prates, J. A. M., Garcia e Costa, F J. S., Ribeiro, A. M. R., & Dias Correia, A. A. (2002). Contribution of major structural changes in myofibrils to rabbit meat tenderisation during ageing. *Meat Science* 61:103–113
- Purslow Peter P. Intramuscular connective tissue and its role in meat quality (2005) *Meat Science* 70: 435–447.
- Rantsiou, K., Cocolin, L. (2006). New developments in the study of the microbiota of naturally fermented sausages as determined by molecular methods: a review. *International Journal of Food Microbiology*, 108: 255-267.
- Ravyts, F., Vrancken, G., D'Hondt, K., Vasilopoulos, C., De Vuyst, L., Leroy, F., (2009) Kinetics of growth and 3-methyl-1-butanol production by meat-borne, coagulase-negative staphylococci in view of sausage fermentation. *International Journal of Food Microbiology*, 134: 89-95.
- Rimaux, T., Vrancken, G., Pothakos, V., Maes D., De Vuyst L., Leroy F. (2011) The kinetics of the arginine deiminase pathway in the meat starter culture *Lactobacillus sakei* CTC 494 are pH-dependent. *Food microbiology*, 28:597-604.
- Rodríguez C., J.M., García L., I., Santos J. A., Otero, A, García, L., M.L. (2006) Molecular and phenotypic typing of *Staphylococcus aureus* isolates from rabbit meat. *Research in Microbiology*, 157 496–502.
- Roldán S.P., Becerril,H.,M., Mota, R., D., Guerrero, L. I.(2010) Bienestar del cerdo rumbo al rastro.Memorial del Curso Bienestar del Cerdo y Calidad de la Carne. FMVZ. UNAM. 24 y 25 de junio de 2010. Ciudad Universitaria. México.
- Rosmini R. M. y Signorini L.M. (2006) Manejo antemortem. En: Ciencia y tecnología de carne. Hui, H., Guerrero, I. y Rosmini, M. Edit. Limusa. México, 128-131.
- Rull, R.M.A.(2010) "El papel de las carnes rojas en una dieta saludable". Foro internacional de la carne octubre 20,2010, Ciudad de México.
- Ruiz-Ramírez, J., Arnau, J., Serra, X., & Gou, P. (2005). Relationship between water content, NaCl content, pH and texture parameters in dry-cured muscles. *Meat Science*, 70, 579–587
- Ruiz-Ramírez, J., Arnau, J., Serra, X., & Gou, P. (2006). Effect of pH 24, NaCl content and proteolysis index on the relationship between water content and texture parameters in biceps femoris and semimembranosus muscle in dry-cured ham. *Meat Science*, 72, 185–194.
- Såde, E., Murros A, Björkroth, J.(2012).Predominant enterobacteria on modified-atmosphere packaged meat and poultry. *Food Microbiology*, <http://dx.doi.org/10.1016/j.fm.2012.10.007>
- Satoh, Y., & Shikama, K. (1981). Autoxidation of oxymyoglobin. A nucleophilic displacement mechanism. *Journal of Biological Science*, 256: 10272–10275.
- Savijoki, K., Ingmer, H. Varmanen, P. (2006). Proteolytic systems of lactic acid bacteria. *Applied Microbiology Biotechnology*, 71: 394–406.
- Scannell A G.M, Kenneally P M.,Arendt E K. (2004) Contribution of starter cultures to the proteolytic process of a fermented non-dried whole muscle ham product. *International Journal of Food Microbiology*, 93: 219– 230.
- Schlegelova, J., Nápravníková E., Dendis, M., Horvá R., Benedík J., Babák V., Klímová E., Navrátilova P., Sustácková, A. (2004) Beef carcass contamination in a slaughterhouse and prevalence of resistance to antimicrobial drugs in isolates of selected microbial species. *Meat Science*, 66 557–565.
- Schneider R. (2007).Aplicación de bacteriocinas en el control de contaminación de la carne.NACAMEH, Vol.1 N° 1.pp.41-52.

- Serraino, A., Bardasi L., Riu, R., Pizzamiglio, V., Liuzzo ,G., Galletti, G., Giacometti , F. Meriardi G. (2012) Visual evaluation of cattle cleanliness and correlation to carcass microbial contamination during slaughtering. *Meat Science*, 90 :502–506
- Sheridan, J.J. (1998). Sources of Contamination During Slaughter and Measures For Control. *Journal of Food Safety* 18 321-339.
- Signorini, M., Sivit, S., Bonilla, M., Cervantes, M, Calderón, M., Pérez, A., Espejel, M., Almazán, C. (2006). Evaluación de Riesgos en los Rastros y Mataderos Municipales. Comisión Federal para la Protección de Riesgos Sanitarios. México.
- Signorini, MP., Civit, S G., Bonilla, MP., Cervantes, M. (2005) Guía para la administración de rastros y mataderos municipales. Comisión Federal para la Protección de Riesgos Sanitarios. México, D.F. 24 p.
- Simoncini, N., Rotelli, D., Virgili, R., Quintavalla, S.(2007) Dynamics and characterization of yeast during ripening of typical Italian dry-cured ham. *Food Microbiology*, 24: 577-584.
- Sofos, J. N. (1994). Microbial growth and its control in meat, poultry and fish. In A. M. Pearson, & T. R. Dutson (Eds.), *Quality attributes and their measurement in meat poultry, and fish products* (pp. 359–403). Glasgow, U.K.: Blackie Academic and Professional.
- Sofos, J.N., Kochevar, S.L., Reagan, J.O. and Smith, G.C. (1999) Extent of beef carcass contamination with *Escherichia coli* and probabilities of passing U.S. regulatory criteria. *Journal of Food Protection* 62, 234–238.
- Soriano A., Cruz B., Gómez L. Mariscal C., García A.(2006) Proteolysis,physicochemical characteristics and free fatty acid composition of dry sausages made with deer (*Cervus elaphus* or wild boar (*Sus scrofa*) meat: A preliminary study.*Food Chemistry* 96 :173–184.
- Spaziani M., Del Torre M., Stecchini M.L. (2009) Changes of physicochemical, microbiological, and textural properties during ripening of Italian low-acid sausages. Proteolysis, sensory and volatile profiles. *Meat Science* 81 77–85.
- Stetzer A.J., Cadwallader K., Singh T.K , Mckeith F.K. , Brewer M.S. (2008) Effect of enhancement and ageing on flavor and volatile compounds in various beef muscles. *Meat Science* 79 13–19
- Suman S.P. , Mancini R.A., Joseph P., Ramanathan R. , Konda M.K.R, Dady G., Yin S. (2010) Packaging specific influence of chitosan on color stability and lipid oxidation in refrigerated ground beef. *Meat Science* 86 994–998.
- Sun W., Zhao Q ., Zhao H, Zhao M., Yang B. (2010) Volatile compounds of Cantonese sausage released at different stages of processing and storage *Food Chemistry* 121: 319–325.
- Talon, R., Lebert, I., Leroy, S., (2007) Microbial ecosystems of traditional fermented meat products: The importance of indigenous starters. *Meat Science*, 77: 55–62.
- Talon, R., & Leroy, S. (2006). Latest developments in meat bacterial starters – Chapter 16. In L. M. L. Nollet & F. Toldra (Eds.), *Advanced technologies for meat processing* (pp. 401–418). New York: CRC Press/Taylor and Francis Group.
- Talon, R. (2006). Saucissons secs fermiers du Massif central – Principaux re´sultats du projet europe´en. *Viandes et Produits Carnés*, 25(5), 187–188.
- Talon, R., Leroy, S., 2011. Diversity and safety hazards of bacteria involved in meat fermentations. *Meat Science*, 89: 303-309.
- Tarrant, V., & Grandin, T. (1993). Transportation of cattle by road. In T. Grandin (Ed.), *Livestock handling and Transport* (pp. 109–126). Wallingford: CAB International
- Tarte R. (2010) “Estrategias tecnológicas para mejorar el valor nutricional de los productos cárnicos procesados”. *Foro internacional de la carne octubre 20, (2010) Ciudad de México.*
- te Pas, M. F. W., Jansen, J., Broekman, K. C. J. A., Reimert, H., & Heuven, H. C. M. (2009) Postmortem proteome degradation profiles of longissimus muscle in Yorkshire and Duroc pigs and their relationship with pork quality traits. *Meat Science*, 83: 744–751.

- Tjener, K., Stahnke, L. H., Andersen, L., & Martinussen, J. (2004). Growth and production of volatiles by *Staphylococcus carnosus* in dry sausages: influence of inoculation level and ripening time. *Meat Science*, 67, 447–452.
- Tjener K., Stahnke L H, Andersen L, Martinussen, J. (2003) A fermented meat model system for studies of microbial aroma formation. *Meat Science* 66: 211–218.
- Todorov S.D. , Ho P., Vaz-Velho M., Dicks L.M.T. (2010) Characterization of bacteriocins produced by two strains of *Lactobacillus plantarum* isolated from Beloura and Chouriço, traditional pork products from Portugal. *Meat Science*, 84: 334–343.
- Toldra, F. (2010). *Handbook of fermented meat*. Willey-Blackwell.
- Toldrá, F., Aristoy, M. C., & Flores, M. (2009). Relevance of nitrate and nitrite in drycured ham and its effects on aroma development. *Grasas y Aceites*, 60, 291–296
- Toldra, F. (2007). *Handbook of fermented meat*. Willey-Blackwell Publ. 576.
- Tornberg E. (2005) Effects of heat on meat proteins – Implications on structure and quality of meat products *Meat Science* 70: 493-508
- Tremonte P., Succi M., Reale A., Di Renzo T., Sorrentino E. and Coppola R. (2007) Interactions between strains of *Staphylococcus xylosus* and *Kocuria varians* isolated from fermented meats. *Journal of Applied Microbiology* 103 743–751.
- Troy D.J., Kerry J.P. Consumer perception and the role of science in the meat industry (2010) *Meat Science*, 86: 214–226.
- Tseng Y.Y., Chen M.T. and Lin C.F. (2000) Growth, pigment production and protease activity of *Monascus purpureus* as affected by salt, sodium nitrite, polyphosphate and various sugars *Journal of Applied Microbiology*, 88, 31–37.
- Tu, R.J., Wu, H-Y., Lock Y-S., Chen, M-J. (2010) Evaluation of microbial dynamics during the ripening of a traditional Taiwanese naturally fermented ham. *Food Microbiology*, 27: 460-467
- Vaikousi H., Costas G. B., Koutsoumanis K. P.(2009). Applicability of a microbial Time Temperature Indicator (TTI) for monitoring spoilage of modified atmosphere packed minced meat. *International Journal of Food Microbiology*, 133: 272–278.
- Van de Perre ,V., Ceustermans, A. Leytenb, J., Geers, R.(2010) The prevalence of PSE characteristics in pork and cooked ham Effects of season and lairage time. *Meat Science*, 86 :391–397.
- Vermeiren L, Devlieghere F., Vandekinderen I, Rajtak U., Debevere J. (2006) The sensory acceptability of cooked meat products treated with a protective culture depends on glucose content and buffering capacity: A case study with *Lactobacillus sakei* 10A. *Meat Science* 74:532–545.
- Villani, F., Casaburi, A., Pennacchia, C., Filosa, L., Russo, F., & Ercolini, D. (2007). Microbial ecology of the soppressata of Vallo di Diano, a traditional dry fermented sausage from southern Italy, and in vitro and in situ selection of autochthonous starter cultures. *Applied and Environmental Microbiology*, 73:5453-5463.
- Warner R.D., Greenwood P.L., Pethick D.W. , Ferguson D.M. (2010) Genetic and environmental effects on meat quality. *Meat Science*, 86 :171–183.
- Warriss, P. D. (2003). Optimal lairage times and conditions for slaughter pigs: A review. *Veterinary Research*, 153, 170–176.
- Warris, P.D. 2000. Chapter 7: The effects of live animal handling of carcass and meat quality. *Meat Science* an introductory text. Londres: CABI Publishing. pp. 131-155.

- Warriss, P. D., Brown, S. N., Adams, M., & Corlett, I. K. (1994). Relationships between subjective and objective assessments of stress at slaughter and meat quality in pigs. *Meat Science*, 38(2): 329–340
- Xiraphi N., Georgalaki M., Rantsiou K., Cocolin L., Tsakalidou E., Drosinos E.H. (2008) Purification and characterization of a bacteriocin produced by *Leuconostoc mesenteroides* E131. *Meat Science* 80 194–203.
- Yalcin, S., Nizamlioglu, M. And Gurbuz, U. 2001. Fecal coliform contamination of beef carcasses during The Slaughtering Process. *Journal of Food Safety* 21: 225-231.
- Yalcin, S., Nizamlioglu, M. And Gurbuz, U. 2004. Microbiological Conditions of Sheep Carcasses During The Slaughtering Process *Journal of Food Safety* 24: 87-93.
- Yu, Shew-Ling Y Palumbo S. A. (2000) Enumeration of Aeromonas For Verification of The Hygienic Adequacy of Swine Carcass Dressing Processes. *Journal of Food Safety* 20 43-52.
- Zaman M. Z., Bakar F. A. , Jinap S., Bakar J. (2011) Novel starter cultures to inhibit biogenic amines accumulation during fish sauce fermentation. *International Journal of Food Microbiology*, 145: 84–91.
- Zapelena M.J., Astiasara I., Bello J. (1999) Dry fermented sausages made with a protease from *Aspergillus oryzae* and/or a starter culture. *Meat Science*, 52:403-409
- Zhang, W., Xiao, S., Samaraweera, H., Lee, E. J., & Ahn, D. U. (2010). Improving functional value of meat products. *Meat Science*, 86:15-31.
- Zhao, L., Jin, Y., L. Z., Ma, Ch., Song, H., Li H., Wang, Z., Xiao, S. (2011) Physico-chemical characteristics and free fatty acid composition of dry fermented mutton sausages as affected by the use of various combinations of starter cultures and spices. *Meat Science*, 88:761–766.

TESIS

- Arroyo Sánchez, J.A. (2010) "Planeación de la producción y distribución de una cadena de suministro mediante un modelo matemático de optimización". Tesis de Maestría. UNAM. Facultad de Ingeniería.
- Civit-Gual S. (2005) Calidad de la carne de bovino nacional e importada en el comercio formal de Chihuahua Guadalajara y Veracruz. Tesis de Maestría. UNAM.
- Granados-Pérez, E.A. (2009). Caracterización de la actividad proteolítica extracelular de *Pediococcus acidilactici* ATCC 8042. Tesis de Maestría. Facultad de Ciencias. UNAM.
- Linares-Ibañez (2008) "Estructura estaria, comportamiento productivo y reproductivo de una población de cerdos criados en semiconfinamiento en una comunidad rural del estado de Morelos". Tesis de Maestría. UNAM.
- López, L. A. (2004). Actividad aminopetidásica ligada a membrana de bacterias gram-negativas: prueba de la p-nitroanilina para la estimación de la carga bacteriana de carne picada. Tesis Doctoral, Universidad Complutense de Madrid España.
- Oliva, G.R. (2012) "Evaluación de el grosor de grasas subcutánea, color subjetivo y objetivo, pH y marmoleo como predictores de la suavidad de carne en México". Tesis de Licenciatura. UNAM.
- Pérez-Díaz M.M. (2013) "Elementos para la integración de la cadena de carne fresca de res en México a partir de los indicadores de calidad. Tesis de Licenciatura. Fes Aragón. UNAM
- Ramírez-Castro F. (2011) "Comparación del rendimiento productivo y del bienestar de cerdos engordados en un sistema de producción orgánica y en un sistema convencional". Tesis de Maestría. UNAM.
- Santiago Tovar Isabel (2008). El HACCP como Ventaja Competitiva en el Comercio Global de los Alimentos. Cursos de Educación Continua. UNAM. Facultad de Química.

Páginas WEB:

INEGI encuesta de ingreso y gasto de los Hogares en México

FAO [disponible en línea] <http://www.fao.org/docrep/V5290S/v5290s23.htm>. consultado el 1 de mayo 2013.

PROMEXICO [Disponible en línea] En:

http://www.promexico.gob.mx/work/models/promexico/Interactivos/Capacitacion_virtual/Formacion_integral_para_exportar/curso5/5-02g.htm

FAO El impacto de los piensos en la inocuidad de los alimentos Informe de la Reunión Conjunta FAO/OMS de Expertos FAO, Roma, 8-12 de octubre de 2007.pp 19.

FAO [disponible en línea] En: <http://www.fao.org/docrep/004/T0566S/T0566S12.htm> consultado el 5 de mayo 2013, (para la tabla 9).

Guía de Buenas Prácticas de Diseño para Establecimientos de Sacrificio Tipo Inspección Federal

Disponibles en :<http://senasica.gob.mx/?doc=24030>

<http://www.sagarpa.gob.mx/saladeprensa/2012/Paginas/2013B060.aspx> consultado el 1 de mayo 2013.

Diario oficial de la comunidad Europea (Disponible en línea)

<http://eurlex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2013:034:0001:0003:ES:PDF>

APÉNDICES

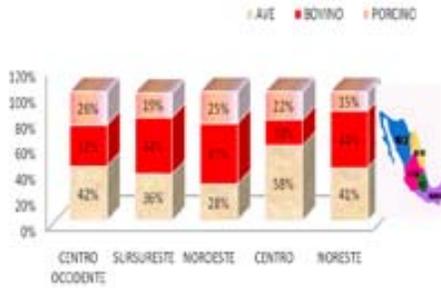


Fig.23. Distribución de la población pecuaria: regiones del país. Fuente SIAP 2013.

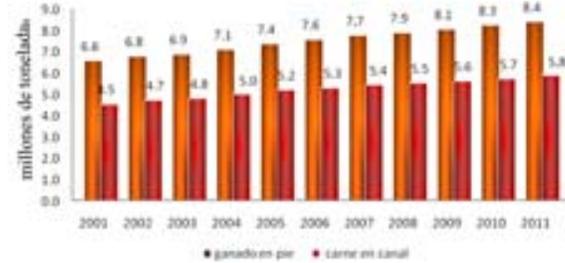


Fig. 24. Producción anual de carne en canal y ganado en pie. Fuente: Elaboración propia con datos del SIAP 2013.

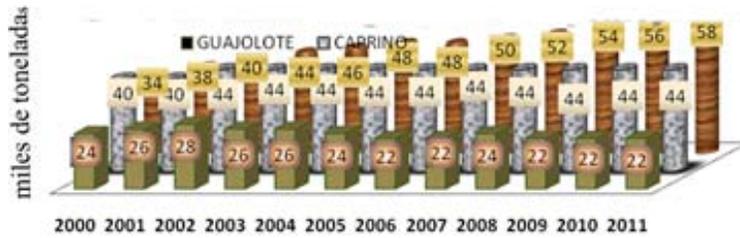


FIG. 25 Producción de carne en canal de guajolote, caprino y ovino. Fuente Elaboración propia con datos del SIAP 2013.

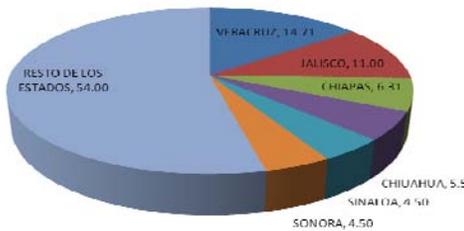


Fig. 26 Distribución porcentual de producción de carne de porcino en el país. Fuente: Elaboración propia con datos del SIAP 2013.

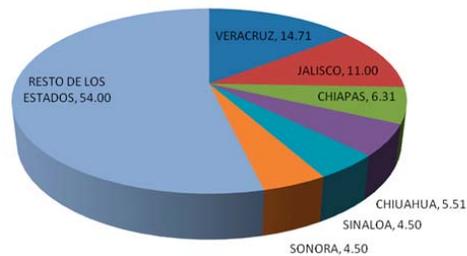
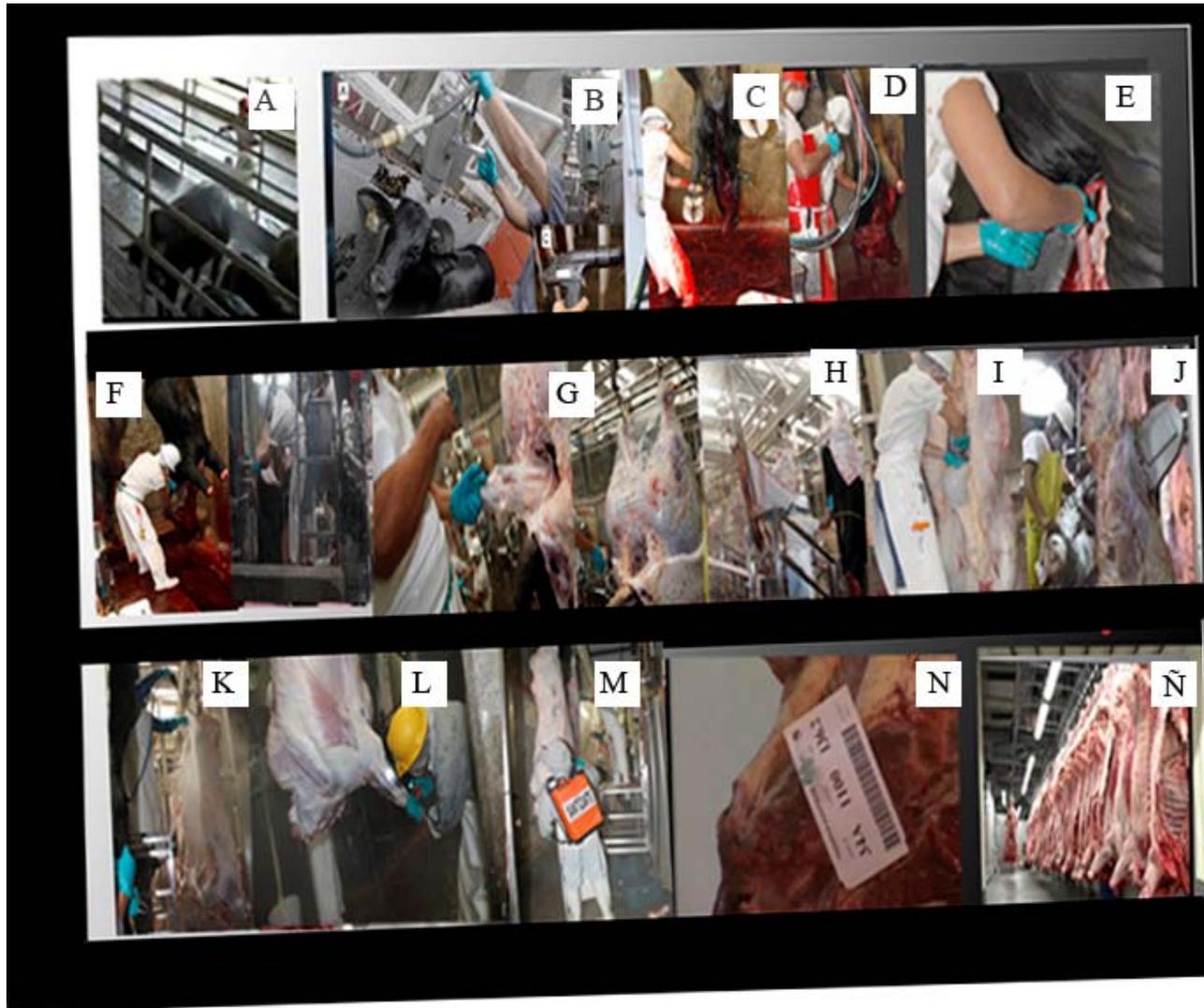


Fig. 27 Distribución porcentual de producción de carne de bovino en el país. Fuente: Elaboración propia con datos del SIAP 2013.



Regiones ganaderas del país. Fuente elaboración propia con datos del SIAP 2013

APÉNDICE 2 Sacrificio de animales en rastro TIF.



- A) Bañado *premortem*.
- B) *Insensibilizado*
- C) Separación de patas y cabeza
- D) Estimulación eléctrica
- E) Ligado de esófago
- F) Corte de cabeza y principio del despielado.
- G) Atado de recto y colocación de bolsa.
- H) Despielado.
- I) Eviscerado.
- J) Serrado de canales.
- K) Lavado de canales.
- L) Inspección *postmortem*.
- M) Sanitización.
- N) Sellado.
- O) Almacenamiento
- P) en refrigeración.

Apéndice 3

Infraestructura Rastros TIF 2013

El Fideicomiso de Riesgo Compartido (FIRCO), en su carácter de Instancia Ejecutora de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA) del Subcomponente de Infraestructura Rastros TIF, del Componente Manejo Postproducción.

CONVOCA

OBJETIVO ESPECÍFICO: Contribuir a incrementar y mejorar el manejo de productos cárnicos, acuícolas y pesqueros de los rastros, obradores y empacadoras Tipo Inspección Federal (TIF), así como mejorar o sustituir las instalaciones de los Centros de Sacrificio de administración municipal para que se incorporen al modelo de Tipo Inspección Federal, mediante el apoyo complementario en infraestructura y/o equipamiento.

POBLACIÓN OBJETIVO: Personas físicas, morales que se dediquen a actividades de producción pecuaria, y centros de sacrificio de administración municipal, que requieran bajo el esquema TIF sacrificar animales, cortar, empacar, almacenar o procesar productos cárnicos.

Como Instancia Ejecutora de la SAGARPA para el Subcomponente de Infraestructura para Rastros TIF 2013, cada una de las Gerencias Estatales del FIRCO participará como **ventanilla** para la recepción de solicitudes y su atención de conformidad con la normatividad aplicable y con los procedimientos para la operación de programas o subcomponentes que ha establecido o determine esta Instancia Ejecutora.

La cobertura es nacional, priorizando a los estados del Sur-sureste (Campeche, Chiapas, Guerrero, Oaxaca, Puebla, Quintana Roo, Tabasco, Veracruz y Yucatán).

I. Conceptos y Montos de Apoyo de Rastros TIF 2013:

Concepto de apoyo	Montos máximos
Infraestructura.	Rastros TIF (normal): Hasta el 49% de la inversión sin rebasar los \$5'000,000.00 (cinco millones de pesos 00/100 M.N.). Rastros TIF (municipales): Hasta el 49% de la inversión sin rebasar los \$20'000,000.00 (veinte millones de pesos 00/100 M.N.).
Equipamiento.	Rastros TIF (normal): Hasta el 49% de la inversión sin rebasar los \$5'000,000.00 (cinco millones de pesos 00/100 M.N.). Rastros TIF (municipales): Hasta el 49% de la inversión sin rebasar los \$20'000,000.00 (veinte millones de pesos 00/100 M.N.).
Servicios para Certificaciones	Hasta el 49%, sin rebasar los \$500,000.00 (quinientos mil pesos 00/100 M.N.). Para laboratorios hasta el 30%, sin rebasar los \$200,000.00 (doscientos mil pesos 00/100 M.N.).

MAYOR INFORMACIÓN:

- Página Electrónica en Internet: <http://www.firco.gob.mx>
- Gerencias Estatales del FIRCO: <http://www.firco.gob.mx>
- Dirección Ejecutiva de Apoyo a los Agronegocios

Domicilio: Av. Cuauhtémoc 1230, pisos 15,16 y PH; Col. Santa Cruz Atoyac; Del. Benito Juárez; C.P. 03310, México D.F.

Teléfonos: (55) 50 62 12 00 Ext. 31010, 31012 y 31020.