

10529
17



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
CUAUTITLÁN

BIOQUÍMICA DE LA TRANSFORMACIÓN
DEL MÚSCULO EN CARNE
[REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA]

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
INGENIERA EN ALIMENTOS

PRESENTA:

CLAUDIA HAYDÉ/LEONAR LÓPEZ

ASESORA: M. EN C. ADRIANA LLORENTE BOUSQUETS

CUAUTITLÁN IZCALLI, EDO. DE MÉX. - 2009

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

A



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.

**TESIS
CON
FALLA DE
ORIGEN**



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN
UNIDAD DE LA ADMINISTRACION ESCOLAR
DEPARTAMENTO DE EXAMENES PROFESIONALES

ASUNTO: VOTOS APROBATORIOS

U. N. A. M.
FACULTAD DE ESTUDIOS
SUPERIORES CUAUTITLÁN



Departamento de
Exámenes Profesionales

DR. JUAN ANTONIO MONTARAZ CRESPO
DIRECTOR DE LA FES CUAUTITLÁN
P R E S E N T E

ATN: Q. Ma. del Carmen García Mijares
Jefe del Departamento de Exámenes
Profesionales de la FES Cuautitlán

Con base en el art. 28 del Reglamento General de Exámenes, nos permitimos comunicar a usted que revisamos la TESIS:

Bioquímica de la transformación del músculo en carne (Revisión Bibliográfica)

que presenta la pasante: Claudia Haydée Lengua López

con número de cuenta: 9307813-3 para obtener el título de :

Ingeniera en Alimentos

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

ATENTAMENTE

"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"

Cuautitlán Izcalli, Méx. a 30 de septiembre del 2002

PRESIDENTE

M.enC. Adriana Lorente Bousquets

VOCAL

M.enC. Carolina Moreno Ramos

SECRETARIO

M.enC. María Eugenia Ramírez Ortiz

PRIMER SUPLENTE

I. A. Julieta González Sánchez

SEGUNDO SUPLENTE

I. A. Miriam Álvarez Velasco

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

B

DEDICATORIAS

Este trabajo esta dedicado especialmente a: MI MADRE

Inocencia López Luna.

A ti que mediste tu vida, tu amor y tu espacio.

*A ti que cargaste en tu vientre
dolor y cansancio.*

*A ti que perfeaste con uñas y dientes
valiente en tu casa y en
cualquier lugar.*

*A ti rosa fresca de abril,
a ti mi fiel querubín.*

A ti te dedico mis versos, mi ser, mis victorias.

A ti mis respetos, señora, señora, señora.

*A ti mi guerrera invencible
a ti luchadora incansable.*

A ti, mi amiga constante, de todas las horas.

*Tu nombre, es un nombre común
como las margaritas.*

Siempre en mi boca presente, constante en mi mente.

*Y para no hacer tanto alarde,
esta mujer de quien hablo; es linda, mi amiga gaviota.*

Su nombre es: MI MADRE.

Gracias, por todo lo que me das, Mamí.

C

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

A mis padres, a mi hermano Vic, y a mi abuelita:

Al terminar este paso en mi vida, me doy cuenta de la verdadera herencia de ustedes, mi familia: los valores, la autoestima, hábitos, sentimientos, creencias, gustos, fortaleza y lucha.

Gracias por todo esto y porque seguimos juntos.

A mis cuates: Zaira, Mary, Ivan, Harul:

Porque juntos comenzamos, y en el transcurso compartimos desde: derrotas, triunfos y alegrías; y nada nos venció.

Y compruebas la amistad, al final de este camino, porque con quien constaste, contarás siempre.

Gracias por su apoyo, su compañía y amistad.

A Benno:

Quiero ser en tu vida, algo más que un instante, algo más que una sombra y algo más que un afán.

Quiero ser en ti mismo una huella imborrable y un recuerdo constante y una sola verdad.

Palpitar en tus rezos con temor de abandono.

Ser en todo y por todo complemento de ti.

Una sed infinita de caricias y besos,

pero no una costumbre de estar cerca de mí.

Quiero ser en tu vida, una pena de ausencia

y un dolor de distancia y una eterna amistad.

Algo más que una imagen y algo más que el ensueño

que venciendo caminos, llega, pasa y se va

Ser el llanto en tus ojos y en tus labios la risa.

ser el fin y el principio, la tiniebla y la luz

y la tierra y el cielo... y la vida y la muerte.

Ser igual que en mi vida has venido a ser tú.....

Gracias por estar conmigo.

A mi maestra Adriana Llorente:

Porque además de su enseñanza, me brindó su confianza y amistad.

D

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

CONTENIDO

	Pág.	
OBJETIVOS		
INTRODUCCIÓN		
CAPITULO I	MARCO TEÓRICO	1
	1.1 Situación actual de la industria cárnica en México	1
	1.1.1 Sectores de la Industria Cárnica	1
	1.1.2 Establecimientos dedicados al procesamiento de la carne	4
	1.1.3 Personal ocupado en la industria cárnica	4
	1.2 Producción	5
	1.2.1 Exportación/ Importación	9
	1.3 Consumo	10
	1.4 Cadena Productiva	11
	1.5 Factores que condicionan la calidad de la carne, características de manejo ante y post mortem	14
	1.5.1 Factores que afectan las características del músculo	15
	1.5.2 Efecto del manejo previo al sacrificio	18
	1.5.3 Efecto del manejo durante y posterior al sacrificio	23
	1.5.4 El estrés	31
CAPITULO II	FISIOLOGÍA Y ANATOMÍA DEL MÚSCULO	32
	2.1 Composición del tejido muscular	32
	2.2 Estructura	33
	2.3 Mecanismo de contracción muscular	44
	2.4 Equilibrio fisiológico interno	50
CAPITULO III	TRANSFORMACIÓN DEL MÚSCULO EN CARNE	51
	3.1 Diferencia entre músculo y carne	51
	3.2 Fallo circulatorio	51
	3.3 pH post mortem	55
	3.4 Pérdida de control de temperatura	57
	3.5 Rigor mortis	58
	3.6 Relación entre caída de pH y aparición del rigor mortis	61
	3.7 Pérdida de homeostasis	61
	3.7.1 Pérdida estructural	
	3.8 Desnaturalización de proteínas	62
	3.9 Degradación enzimática	63

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

	Pág.
CAPITULO IV	
PROPIEDADES DE LA CARNE	
4.1 Composición química	64
4.2 Propiedades funcionales de las proteínas miofibrilares	68
4.2.1 Capacidad de retención de agua	69
4.2.2 Capacidad de gelificación	73
4.2.3 Capacidad de emulsión	75
CAPITULO V	
CALIDAD DE LA CARNE	
5.1 Problemas de calidad en el sacrificio	81
5.2 Características Sensoriales	82
5.2.1 Color	82
5.2.2 Textura y estructura	88
5.2.3 Defectos PSE Y DFD	88
5.2.4 Sabor y aroma	91
5.2.5 Ternura	93
5.2.6 Jugosidad	94
5.2.7 Marmolizado de la grasa	95
5.2.8 Corte de la canal	95
5.3 Calidad Sanitaria	96
CONCLUSIONES	101
BIBLIOGRAFÍA	102

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL:

Compendio de los fenómenos bioquímicos que influyen en la transformación del músculo en carne, mediante la revisión bibliográfica de los factores *ante* y *post-mortem* que condicionan su calidad como materia prima.

OBJETIVOS PARTICULARES:

1. Dar un panorama general introductorio de los problemas de la Industria Cárnica Nacional
2. Revisar las principales características de la anatomía, estructuras y composición del músculo.
3. Establecer los factores de manejo *ante* y *post-mortem* que influyen en los cambios bioquímicos del tejido muscular.
4. Aprender objetivamente como afectan los factores anteriores en las características de calidad de la carne.

TESIS CON
FALDA DE ORIGEN

INTRODUCCIÓN

El término industria cárnica incluye desde la producción primaria de los animales, su manejo, transporte, sacrificio, almacenamiento, conservación, hasta la comercialización de los productos cárnicos; por lo que necesita de un amplio conocimiento para mejorar los rendimientos en los procesos, evitar mermas, y proporcionar materia prima inocua para ser consumida tanto para cocinarse o destinada para elaborar embutidos; a partir de la Seguridad Alimentaria, como parámetro de calidad de esta industria.

El manejo de los animales antes del sacrificio tiene un efecto directo sobre la calidad de la carne. Las condiciones de la granja, transporte y antes del sacrificio deberán estar diseñadas y controladas para evitar así dificultades posteriores. Un correcto manejo antes del sacrificio deberá formar parte de las operaciones de Aseguramiento de Calidad.

El desarrollo del músculo y la conversión en carne ocurre debido a los procesos bioquímicos y biofísicos que experimenta éste desde el momento de la muerte del animal.

La carne se deriva de un tejido sumamente especializado, que funciona como soporte y como medio de locomoción del esqueleto del animal, aportando la energía necesaria para realizar dicho movimiento. Este tejido, denominado muscular, es contráctil.

La carne se define como aquellos tejidos animales que pueden emplearse como alimento y todos los productos procesados que se preparan a partir de tales tejidos se incluyen en esta definición.

Para conseguir una óptima construcción- composición de cualquier tipo de carne, tras el sacrificio, el descenso de la temperatura y la caída del pH, deberán transcurrir en ajuste conjunto para no afectar su calidad.

Actualmente el desarrollo de tecnología en productos cárnicos se basa en las propiedades funcionales de las proteínas miofibrilares, como capacidad de retención de agua, de emulsión y gelificación.

Las implicaciones directas en la calidad de un manejo pobre *anti-mortem* han sido estudiadas ampliamente, resaltando en especial dos clases de defectos en la carne: Oscura, firme y seca (Dark Firm Dry, DFD), usualmente en carne de res, resulta de animales estresados y exhaustos con mínimas reservas de glucógeno. En contraste, la carne denominada: Pálida, suave y exudativa (Pale Soft Exudative, PSE) comúnmente se presenta en cerdos estresados con reservas significativamente altas de glucógeno.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Es necesario recalcar la importancia de los riesgos microbiológicos, fisicoquímicos y toxicológicos de la carne, debido principalmente a mala higiene del establecimiento y equipo, deficiente refrigeración, canales contaminadas con heces, pelo, etc., así como proporcionar hormonas al ganado, contaminación por pesticidas y metales pesados en el pastoreo. La calidad sanitaria evita estos riesgos nocivos en la salud pública.

Actualmente no se engaña al consumidor, es un inspector a nivel casero a favor de su salud, demandando conocer con detalle lo que se come. Imponiéndose a comprar productos de fácil preparación y de calidad.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

CAPÍTULO I MARCO TEÓRICO

1.1 SITUACIÓN ACTUAL DE LA INDUSTRIA CÁRNICA EN MÉXICO

Actualmente la industria de la carne se ha convertido en un gran mercado, involucra desde la cría del ganado, su alimentación, sacrificio, comercialización en pie como en canales, hasta su transformación y consumo.

La producción de ganado de carne ha estado en evolución constante y ha sufrido cambios importantes en su desarrollo. Son las transformaciones sociales y económicas que México experimenta donde se expresan nuevas formas de producción, comercialización y consumo de productos. La venta de ganado es en los rastros, y estos deben incluir acciones prioritarias para mejorar en este sector.

Es común encontrar en el campo mexicano actividades polarizadas y contrastantes; por un lado existen los productores que cuentan con recursos económicos suficientes, además de la infraestructura calificada para planear, establecer y desarrollar programas de asistencia técnica constantes que permiten obtener resultados alentadores; sin embargo también existen grandes carencias y tienen que adecuarse a una deficiente disponibilidad de recursos, con el fin de sobrevivir y hacer que su explotación sea rentable.

Los productores son sólo uno más de los segmentos del proceso de transformación total, por lo que ellos integran sus necesidades con las demandas de otros segmentos y unen sus esfuerzos hacia la industria cárnica.

México presenta desde hace una década un aumento en el consumo de productos cárnicos ya que el consumidor opta por comprar alimentos de fácil preparación y bajo costo.

1.1.1. Sectores de la Industria Cárnica.

Con el propósito de tener una visión clara y detallada de las características actuales de la ganadería e industria de la carne, la División de Prospección Económica, Tecnológica y Sectorial, del Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco, CIATEJ, S.C.; desarrolló una investigación de los problemas detectados en el país, enlistando por sectores (primario, secundario y terciario) el cual se presentan a continuación: *

A. Producción primaria (Sector Productivo)

- Existe la problemática de: mala planeación y mal manejo de rastros, sitios donde el ganado se convierte en carne y cortes para el consumo.
- Baja productividad y por ende baja rentabilidad, debido al atraso y falta de adaptación tecnológica presente, principalmente en regiones tropicales.
- Elevados costos de adquisición de los diversos insumos necesarios en las explotaciones productoras de carne.
- Alcances muy limitados de asistencia técnica, dirigidos generalmente hacia grandes productores, olvidándose de medianos y pequeños.
- Poca o nula diferenciación de precio del ganado en pie, en razón de su calidad genética.³⁴

El Sistema Nacional de Información e Integración de Mercados (SNIIM), es un servicio de la Secretaría de Economía que tiene el propósito de ofrecer información sobre el comportamiento de los precios al por mayor de los productos agrícolas, pecuarios y pesqueros que se comercializan en los mercados nacionales e internacionales. Además el sistema cuenta con un módulo de enlaces comerciales, que permite a los usuarios colocar en línea ofertas o demandas de productos perecederos, indicando sólo sus datos generales y las características particulares del producto que desean vender o comprar.

B. Sector secundario (proceso y transformación)

- Insuficiente participación de los productores en el sector de transformación de la carne, y como consecuencia una alta presencia de intermediarios.
- No se explota al máximo la capacidad de las plantas dedicadas a la carne, por el contrario se observa una disminución en el porcentaje de utilización de las mismas.³⁵ (Tabla 1)

Tabla 1 Capacidad de utilización de las plantas

Sector	1999	2000
Industria de la carne	65.30%	64.80%

Fuente: Encuesta Industrial Mensual INEGI, 2000.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

- Subutilización de plantas Tipo Inspección Federal (TIF), mayor uso de rastros municipales, que cuentan generalmente con prácticas poco higiénicas y mantienen un bajo aprovechamiento de subproductos de la matanza.
- Proliferación alarmante de rastros clandestinos, en donde se comercializa carne sin control sanitario alguno, con los consiguientes posibles problemas de salud para la población en general.³⁴

C. Sector Terciario (Comercialización)

- Excesivo intermediarismo en la comercialización del ganado para el mercado nacional y de exportación.
- Predominio de mayoristas y medio mayoristas.
- Productos alternativos o sustitutos de menor calidad y aun menor precio.
- Preferencia del consumidor por precio-cantidad, antes que precio-calidad.³⁵

Al relacionar las ventas netas de los productos del subsector de la carne con el valor de los productos elaborados, se observa la baja rentabilidad de este sector.

El Valor de los productos elaborados por la industria cárnica en 1999 comparado con el del año 2000 observa un incremento del 11 % en el valor de los productos elaborados, y en las ventas netas de los productos.³⁶ (Tabla 2)

Tabla 2 Valor y ventas netas de los productos cárnicos elaborados.
(miles de pesos)

Industria de la carne	1999	2000
Valor de los productos cárnicos	1,695,502	1,884,579
Ventas netas de los productos cárnicos	1,685,591	1,849,486

Fuente: Encuesta Industrial Mensual INEGI, 2000.

De los resultados del diagnóstico del estudio anterior, se desprende la propuesta de acciones prioritarias:³⁷

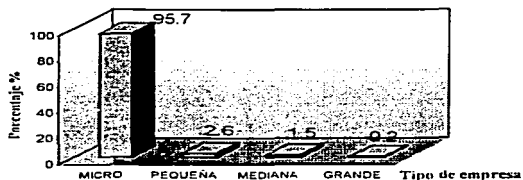
TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

- Aplicación de tecnología específica en la producción primaria.
- Promover la organización de criadores, para el sacrificio, para la comercialización y producción de carne.
- Mayor aprovechamiento de plantas TIF, modernización de plantas obsoletas y construcción de plantas en zonas productoras carentes de ellas.
- Diversificación en la presentación del producto, con el fin de ofertar carne clasificada.⁴⁴

1.1.2 Establecimientos dedicados al procesamiento de la carne.

Las estadísticas de la figura 1 muestran el número de establecimientos dedicados al procesamiento de la carne, donde se observa que el 95.7% (4,536 establecimientos) abarca a las microempresas y sólo el 0.2% (9 establecimientos) de las empresas grandes que pueden ser transnacionales, la mediana con 1.5% (son 71 establecimientos) y la pequeña empresa con 2.6% (123 establecimientos); compitiendo todas por un mismo mercado.

Fig. 1 Establecimientos de la Industria de la Carne.
(número de establecimientos)



Total de establecimientos de la industria de la carne: 4,739.

Fuente: XV Censo Industrial INEGI, 1999.

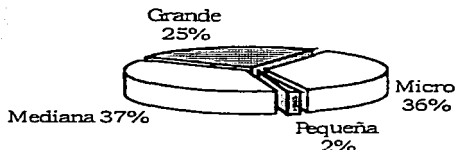
1.1.3 Personal ocupado en la industria cárnica.

En lo que respecta al personal empleado, únicamente el 6% del sector de la industria alimentaria trabaja en el área de la carne, y la distribución en la clasificación de las empresas, se

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

aprecia en la figura 2. Siendo menos de la mitad de cada porcentaje personal calificado en el área, o sea que se trabajan con técnicos o solo clase obrera.

Fig. 2 Personal ocupado en el sector de la Industria de la Carne
(núm. de empleados)



Total del personal ocupado en este sector: 45,632.

Fuente: XV Censo Industrial INEGI, 1999.

1.2 PRODUCCIÓN

De acuerdo con las estadísticas de la Organización Mundial de Alimentos FAO (1999) la producción mundial de carne de bovino en canal, Estados Unidos ocupa el primer lugar con 23%, seguido por la Unión Europea 16%, Brasil (12%) y China (11%) y en lo que respecta a México, sólo participa con el 4% de esta producción. **

La producción anual de los últimos años se encuentra en la tabla 3, con la distribución de los diferentes tipos de carne, observándose un incremento de cada uno de estos.

Tabla 3 Producción pecuaria según productos

Producto	2000	2001	Variación %
Carne en canal (Ton)			
Bovinos	115,547	121,277	5.0
Porcinos	77,075	82,569	7.1
Ovinos	2,289	2,563	12.0
Caprinos	2,702	3,155	16.8
Aves a/	147,111	139,325	5.3

Ton: Toneladas. %: Porcentual. a/: Incluye pollos y gallinas.

FUENTE: Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. Centro de Estadística Agropecuaria

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

En la Tabla 4 se observa el volumen de producción en toneladas por Entidad Federativa y además señala el rendimiento medio anual por especies de animales producidas.

Tabla 4 Rendimiento medio anual por Entidad Federativa, 1991.

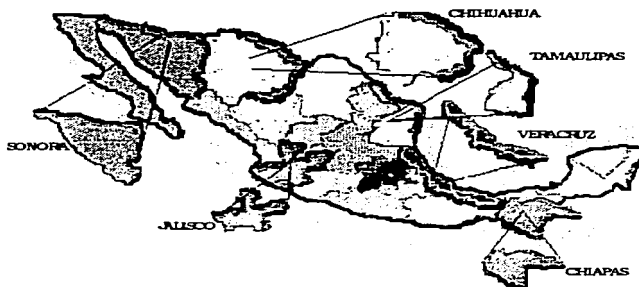
Entidad Federativa	RENDIMIENTO MEDIO ANUAL				
	Bovinos (cabezas)	Porcinos (cabezas)	Caprinos (cabezas)	Ovinos (cabezas)	Aves (cabezas)
Aguascalientes	177,434	37,477	28,513	23,450	3 146,507
Baja California	168,982	34,581	32,869	5,509	1 045,057
Baja California S	148,770	21,012	82,072	20,847	571,535
Baméche	324,430	94,518	4,104	40,977	1 373,238
Coahuila	756,750	103,259	700,882	77,803	6 365,169
Colima	171,081	25,077	10,315	9,319	594,185
Chiapas	1 653,718	356,593	32,248	205,259	9 823,739
Chihuahua	1 888,647	144,139	217,115	63,617	1 510,901
Distrito Federal	16,931	32,155	1,337	17,650	637,192
Durango	1 057,053	181,950	181,574	57,560	11 446,216
Guanajuato	598,161	812,488	353,116	168,757	8 494,911
Guerrero	861,972	517,455	415,022	28,368	3 094,122
Hidalgo	370,322	235,017	277,456	398,925	9 609,380
Jalisco	1 879,954	1 155,866	99,293	81,938	21 373,515
México	540 676	390,774	124,927	467,394	17 639,650
Michoacán	1 055,866	488,070	152,998	94,166	3 750,443
Morelos	120,954	61,988	23,353	14,658	6 612,277
Nayarit	405,967	120,645	40,452	10,775	2 475,496
Nuevo León	682,222	156,891	492,602	95,267	15 313,320
Oaxaca	491,465	335,976	799,108	254,233	3 849,614
Puebla	462,615	589,370	510,673	341,573	35 515,603
Querétaro	209,763	102,504	95,025	72,359	10 487,186
Quintana Roo	56,413	72,781	3,232	23,987	965,516
San Luis Potosí	714,286	221,935	617,578	232,215	4 054,746
Sinaloa	1 196,470	176,697	88,380	42,863	1 876,560
Sonora	1 586,889	1 195,257	44,679	28,435	7 565,951
Tabasco	1 016,830	175,798	1,714	40,715	2 950,127
Tamaulipas	985,175	157,651	236,970	120,134	1 118,686
Tlaxcala	66,084	96,593	53,836	70,416	533,182
Veracruz	2 496,659	582,629	90,535	305,332	12 494,447
Yucatán	356,382	230,579	12,045	36,285	9 059,452
Zacatecas	944,978	184,712	431,668	214,196	1 640,363
Total	23 865,899	9 090,437	6 145,691	3 664,982	214 968,786

Fuente: INEGI. VII Censo Agrícola- Ganadero 1991. Estados Unidos Mexicanos.

En la figura 3 y tabla 5 se resaltan los principales Estados productores de carne de bovino en nuestro país.

TESIS CON
FECHA DE ORIGEN

Fig. 3 Principales Estados productores de carne de bovino.



Fuente: INEGI. Estadísticas Nacionales.

Tabla 5 Volumen de Producción Carne de Bovino por Estados

Estado de la República	1996 (Tons)	1997 (Tons)	1998 (Tons)
Jalisco	369.265	366.574	357.645
Veracruz	311.021	337.989	334.987
Chiapas	132.334	134.979	149.424
Sonora	148.185	14.156	117.215
Chihuahua	107.870	109.206	115.633
Tamaulipas	121.859	106.839	112.091

Fuente: INEGI. Estadísticas Nacionales.

TESIS CON
FALSA DE ORIGEN

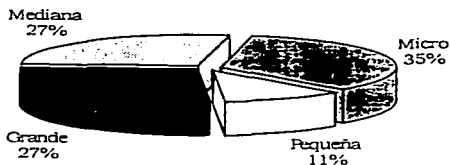
La producción bruta de la industria de la carne para 1999 fue realmente baja comparada con otros sectores alimentarios, y teniendo remuneraciones muy bajas (Tabla 6); se observa que aún para las empresas grandes, la diferencia en la producción no es tan grande a la de la mediana empresa: (ver figura 4)

Tabla 6 Remuneraciones en la industria cárnica
(miles de pesos)

Sector	Micro	Pequeña	Mediana	Grande	Total
Industria de la carne	179,691	205,535	519,086	700,554	1,604,866.0

Fuente: XV Censo Industrial INEGI, 1999.

Fig. 4 Producción Bruta de la Industria Cárnica
(miles de pesos)



Total (miles de pesos) 24'483,488.

Fuente: XV Censo Industrial INEGI, 1999.

La producción de carne se destina para:

- consumo en fresco,
- venta en tiendas de autoservicios,
- congelada y empacada y
- elaboración de embutidos.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

La tabla 7 nos muestra el porcentaje de los principales destinos de la carne, evidenciando un incremento en comparación con el año 1997 en la elaboración de embutidos.

Tabla 7 Principales destinos de la carne. (%)

Período	Congelación y empaqueo de carne fresca	Preparación de conservas y embutidos de carne
1998	17.4	38.0
1999	-7.2	43.0
2000	20.1	51.5
2001	9.4	58.7

Fuente: INEGI. Dirección General de Estadística. Encuesta Industrial Mensual.

1.2.1 Exportación/ Importación

La demanda interna es tan elevada que las exportaciones de carnes frías a otros países son bajas para la carne de bovino y de porcino y nula para la carne de ave, mientras que las importaciones se sitúan altas con respecto de la carne de ave y la de bovino. (Tabla 8)

Tabla 8 Principales productos pecuarios mexicanos.
Oferta/ Consumo
(Millones de Toneladas)

Concepto	1998	1999	2000
Carne de Bovino			
Producción	1,379.9	1,388.5	1,413.3
Importaciones	172.0	108.0	208.0
Exportaciones	3.0	2.0	5.0
Disponibilidad	1,554.9	1,498.5	1,626.3
Carne de Porcino			
Producción	960.8	1,001.5	1,034.1
Importaciones	50.0	56.0	84.0
Exportaciones	30.0	14.0	24.0
Disponibilidad	1,040.8	1,071.5	1,142.1
Carne de Aves			
Producción	1,558.3	1,787.1	1,989.6
Importaciones	218.0	194.0	230.0
Exportaciones	0.0	0.0	0.0
Disponibilidad	1,776.3	1,981.1	2,219.6

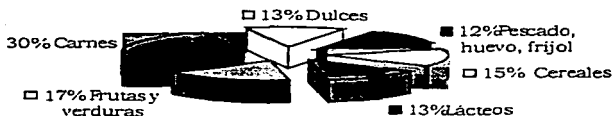
Fuente: Centro de Estadística Agropecuaria de SAGARPA, México 2000.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

1.3 CONSUMO

El Consejo Nacional de Empacadoras de Carnes Frías y Embutidos, A.C. (CONECFE, A.C.) hace un estudio de las estadísticas de la industria alimentaria con ayuda del INEGI, donde se analiza que el consumidor mexicano destina una parte importante de su gasto (30%) a la compra de carne y productos cárnicos, aún cuando el consumo de proteína cárnica *per cápita* todavía es bajo comparado con otros países. (Figura 5)

Fig. 5 Destino del gasto del consumidor mexicano



Fuente: INEGI, 1999

El mercado mexicano continúa viviendo un sube y baja en el consumo de carne fresca: principalmente en los grandes centros urbanos es casi constante en las distintas semanas del año, con la única excepción de variación en periodos de fiestas y durante el verano. (Tabla 9)

El consumo de los principales productos agropecuarios de los últimos seis años (1994-1999), muestra un incremento del 12% para carne de bovino, del 19% para carne de porcino y hasta un 53% para carne de ave, según datos del Instituto Nacional de Estadísticas Geográficas e informática.

El consumidor actualmente prefiere:

Carne de ave en un 42%

Carne de res un 34%

Carne de cerdo en un 23%.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Tabla 9 Consumo de los principales productos agropecuarios
(Miles de Toneladas)

Productos Pecuarios	1994	1995	1996	1997	1998	1999
Carne en canal						
Bovinos	1,482	1,451	1,402	1,485	1,601	1,660
Porcinos	916	936	917	946	985	1,091
Aves a/	1,318	1,469	1,480	1,700	1,902	2,028

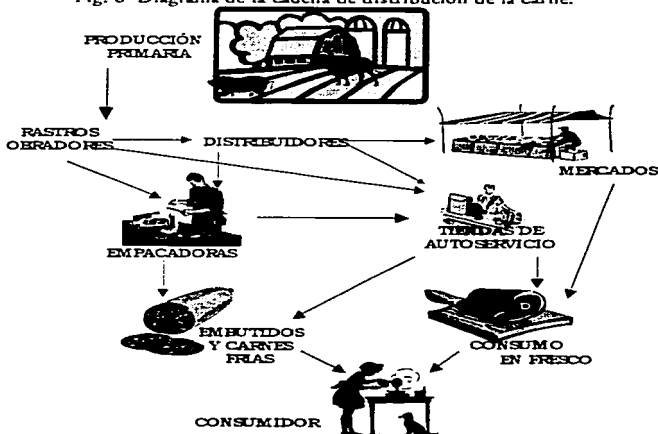
a/ Se refiere a carne de pollo y guajolote.

FUENTE: SAGARPA: INEGI. Anuario estadístico del comercio exterior de los Estados Unidos Mexicanos. (1994-1999).

1.4 CADENA PRODUCTIVA

La figura 6 muestra el diagrama de como se distribuye la carne, desde el lugar de producción, hasta su consumo final y a continuación se detalla cada uno.

Fig. 6 Diagrama de la cadena de distribución de la carne.

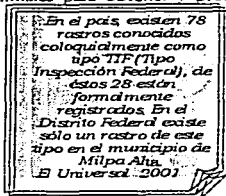


1. Producción Primaria

Es aquí el lugar de crianza y crecimiento del animal, en esta primera parte de la cadena productiva surgen factores que influyen en el desarrollo de los animales productores de carne como: la genética; fisiología; nutrición y manipulación.²⁵

2. Rastros

Un rastro municipal tiene la finalidad del sacrificio de animales para obtener y procesar carne fresca de calidad sanitaria apta para el consumo humano. Debe contar con infraestructura y equipo adecuados a sus funciones, conforme marca el Reglamento de Salubridad Local de la Ley Estatal de Salud correspondiente. Muchos de los rastros municipales nunca fueron planeados, y en la actualidad hay una mala distribución geográfica de los mismos, lo cual no sólo se manifiesta con un pobre abasto de productos cárnicos. Son los que más atención deben tener porque carecen de control de calidad para el desarrollo de productos.^{17, 26, 70}



La situación de rastros en México parece estar más en contra de la salud y el medio ambiente que a favor, ya que el surgimiento indiscriminado de rastros clandestinos y la ausencia de aplicación de legislación sanitaria existentes, ha conducido a la venta de productos cárnicos de dudosa calidad. Investigaciones de enero del 2001 en artículos periodísticos revelan cifras alarmantes con respecto de este tipo de rastros, ya que existen más de mil "tolerados" o clandestinos que carecen de un control adecuado para funcionar en condiciones salubres. Se calcula que el 80% de animales se sacrifican de esta forma; esta carne en las condiciones insalubres es la que circula en la ciudad de México.²⁶

La apertura de los mercados internacionales y las tendencias mundiales han llevado a la necesidad de orientar las prácticas comerciales que garanticen alimentos inocuos. Esto incluye la consideración de la normatividad sanitaria por todos los involucrados en el proceso y a que asuman la responsabilidad que les corresponde.⁷¹

La Secretaría de Salud tiene como objetivo primordial, el proteger la salud de la población y sustentado en la Ley General de Salud, contempla programas que permitan hacer más eficientes

los sistemas de control, proporcione elementos para el establecimiento de reglas claras, fomentar su cumplimiento para garantizar la calidad sanitaria de los productos y servicios.

El gobierno establece los requerimientos zoonosanitarios mínimos; en la norma NOM-008-ZOO 1994, en cuanto a condiciones de manejo para la construcción y equipamiento de instalaciones destinadas al sacrificio de animales, así como también, los dedicados a la industrialización de productos cárnicos; y con ello mejorar la calidad de los productos y subproductos cárnicos. En seguida se enlistan algunas otras normas aplicadas a rastros:

- ✓ NOM-009-ZOO-1994 Proceso sanitario de la carne.
- ✓ NOM-030-ZOO-1995 Especificaciones y procedimientos para la verificación de carne, canales, vísceras y despojos de importación en puntos de verificación zoonosanitaria.
- ✓ NOM-042-ZOO-1995 Características y especificaciones zoonosanitarias para las instalaciones, equipo y operación de unidades de regularización zoonosanitaria para ganado bovino, equino, ovino y caprino.
- ✓ NOM-050-ZOO-1996 Características y especificaciones zoonosanitarias para las instalaciones, equipo y operación de unidades de producción controlada para ganado bovino.
- ✓ NOM-051-ZOO-1995 Trato humanitario en la movilización de animales.

En el caso de los establecimientos dedicados al sacrificio de animales, rastros o mataderos, las visitas de verificación sanitaria se dirigen hacia la identificación de los riesgos sanitarios y a los puntos críticos que determinan que los procesos se lleven a cabo en condiciones sanitarias y humanitarias.⁷¹

El Manual de Buenas Prácticas de Sanidad en rastros Municipales expedido por Secretaría de Salud, 1994, contiene elementos técnicos y sanitarios sobre la organización y funcionamiento de un rastro municipal y pretende ser un instrumento que guíe el manejo de la carne durante todo el ciclo de producción, desde la recepción del ganado hasta el embarque del producto, contribuyendo a garantizar la obtención y procesamiento higiénico de la carne para consumo humano. También la SSA ha elaborado una guía de aplicación del Análisis de Riesgos, Identificación y Control de Puntos Críticos en Rastros y Tiendas de Autoservicio de uso frecuente para la industria dedicada al procesamiento de la carne.^{72*}

3. Comercializadoras

Las tiendas de autoservicio, carnicerías, tiendas dedicadas a la venta de productos cárnicos, restaurantes, industrias transformadoras, mercados son los encargados de comercializar la carne proveniente de los rastros o los mataderos. Ellas son las proveedoras directas del consumidor final.*

4. Empacadoras

La industria empacadora y productora de carnes frías y embutidos puede involucrar varias actividades, desde la matanza de ganado, transformación, hasta la venta de productos. Es aquí un paso importante para aplicar conocimientos y lograr operaciones satisfactorias dirigidas al desarrollo de un buen producto.

Cabe mencionar a la Asociación Nacional de Empacadoras Tipo Inspección Federal (ANETIF) que es una organización de empresarios comprometidos con la modernización de la industria de la carne y sus derivados, cuyo objetivo está dirigido a mejorar los estándares de calidad en beneficio de la salud pública.*

1.5 FACTORES QUE CONDICIONAN LA CALIDAD DE LA CARNE, CARACTERÍSTICAS DEL MANEJO ANTE Y POST MORTEM

El avance en la industria cárnica se basa en el manejo de las mejores condiciones durante toda la cadena productiva, desde la producción primaria, el manejo de la carne en fresco, como producto y durante la comercialización.

Se observa que los problemas más comunes son de tipo fisicoquímico (principalmente pH) y microbiológicos [Cuenta total (Mesofílicos Aerobios), coliformes, hongos y levaduras, y patógenos como *Pseudomonas* y *Aspergillus*, *Staphylococcus*, etc], debido a las malas prácticas de higiene.

Son diversos factores antes del sacrificio los que influyen sobre el curso de los fenómenos *post mortem*, un manejo poco cuidadoso puede provocar daños significativos. Por ejemplo en animales de una misma especie, la respuesta al estrés puede variar con la raza y el sexo, así como el método de sacrificio también afecta a la calidad de la carne. **70

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

1.5.1 Factores que afectan las características del músculo.

Intrínsecos

Los aspectos de la constitución de los músculos, son complejos en el sentido bioquímico y químico. Su variabilidad se hace patente por la influencia de un gran número de factores *intrínsecos* relacionados con su función; estos factores no pueden ser controlados por manipulación en el matadero. De éstos los más importantes son:

- A. Especie
- B. Raza
- C. Sexo
- D. Edad
- E. Localización anatómica
- F. Entrenamiento o ejercicio
- G. Variabilidad interanimal

A. Especie

El efecto de la especie sobre la composición del músculo quizá sea el que más fácilmente se aprecia, este efecto se halla condicionado al tipo de carne: vacuno, cordero, cerdo, caballo, venado, cabra, pollos, etc. Los músculos pueden clasificarse en rojos y blancos y esto implica diferencias bioquímicas. Los músculos rojos poseen una mayor proporción de fibras estrechas ricas en mioglobina; mientras que los músculos blancos tienen una mayor proporción de fibras anchas pobres en mioglobina.^{15, 18, 42, 51, 76, 77}



B. Raza

La raza es el factor intrínseco que más afecta a la constitución química y bioquímica del músculo. En el ganado vacuno existen diferencias entre las razas destinadas principalmente a la producción de leche y las de aptitud cárnica. Algunos factores como el contenido de grasa intramuscular y la musculatura suave exudativa y pálida (PSE) radican en el efecto de la raza.^{42, 51}

C. Sexo

En general, los machos poseen menos grasa intramuscular que las hembras. Por ejemplo en el cerdo, las diferencias debido al sexo se encuentran en el contenido de grasa intramuscular: los músculos *l. dorsi* de los cerdos contienen alrededor del 30 por ciento más de grasa que en las cerdas de la misma edad.^{34, 44}

D. Edad

La composición del músculo varía con la edad. En general, al aumentar la edad aumentan casi todos los parámetros químicos. El contenido del músculo en tejido conectivo es mayor en los animales jóvenes que en los adultos, la concentración de colágeno y de elastina disminuye al aumentar la edad de los animales; por ello la carne de ternera es más tierna que la de vaca. La velocidad de aumento de los diversos componentes es, sin embargo, diferente de unos músculos a otros, siendo también diferente el tiempo que tarda cada uno de los componentes en alcanzar el valor final.^{42, 51, 44}

E. Localización anatómica

La localización, forma, tamaño y funcionalidad del músculo hace que tenga determinadas características, existiendo grandes diferencias entre los diversos músculos de los animales. Al evaluar el significado de la calidad de la carne, con base en diferencias en la constitución de músculos anatómicamente definidos podemos distinguir: los músculos de soporte, y los músculos de locomoción.

Los músculos más reconocidos por su suavidad son el Esopus maior y el Longissimus dorsi. Ambos en el lomo de la canal y su función es estructural (mantienen al esqueleto en su lugar y no se utilizan para realizar movimiento).⁵¹

Aquellos músculos que se utilizan para mover el peso del animal, no sólo estarán más ejercitados, sino que son el punto de convergencia de todas las capas de tejido conectivo de cada músculo de esa extremidad. La presencia de tan abundante tejido conectivo (colágeno) hará de estos pedazos de carne un producto de mala calidad comestible bajo las maneras de preparación tradicional. Por otra parte, los músculos cercanos a la espina dorsal poseen funciones de soporte y por lo tanto son más suaves. Es en esta región donde existe mayor volumen de tejido muscular entre las capas de colágeno y por consiguiente, el efecto de dicha proteína no es tan evidente en los pedazos de carne.^{51, 46}

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Hay que considerar que algunos problemas de dureza de la carne provienen de errores que se cometen al cortar la canal, y hacer las consideraciones pertinentes ayuda a obtener un mayor rendimiento de esta.^{41, 40}

Por practicidad el transporte de las canales no se realiza en una sola pieza, desde el matadero hasta la sala de despiece; de ahí que se divida en medias canales y en cuartos. Alrededor de la mitad de la carne de vacuno destinada a la venta al detalle las presentan o distribuyen los mataderos como *cortes primarios o subprimarios*.⁴¹ En el capítulo V se analiza la importancia del corte de la canal.

F. Entrenamiento y ejercicio

El desarrollo o atrofia de los músculos implica diferencias en la constitución de los mismos, entre diferentes especies, razas, animales de diferente edad. El entrenamiento antes del sacrificio determina cambios en la constitución muscular. La atrofia que aparece cuando la falta de uso es total está acompañada por una reducción del nitrógeno total y de los porcentajes de proteínas sarcoplásmicas y miofibrilares pero aumento de las proteínas en el tejido conectivo.^{42, 41}

*Los animales salvajes que pastan libremente tienen en general la carne más oscura, el sabor más marcado y la textura más dura que los animales domésticos.*⁴²

G. Variabilidad interanimal

Entre los diversos factores intrínsecos que afectan a la constitución del músculo, el menos comprendido es el que se refiere a la variabilidad interanimal. Incluso entre individuos de la misma camada y sexo se observan diferencias en los porcentajes de grasa intramuscular, humedad y nitrógeno total, y en la distribución del nitrógeno entre las proteínas sarcoplásmicas, miofibrilares y del estroma. Indudablemente, algunas diferencias observadas en la composición de los músculos de los individuos de una misma raza se deben a genes recesivos.⁴¹

Extrínsecos

Además, diversos factores *extrínsecos* modifican la conducta del músculo en el inmediato período *post mortem* y durante el almacenamiento e industrialización y, por tanto, su composición como carne.^{17, 24, 32, 39}

TESIS CON
ORIGEN DE ORIGEN

Las condiciones a las que el animal vivo se ve sometido es una combinación de situaciones ambientales; implicadas en el proceso de comercialización que incluyen: una selección o agrupamiento, la carga de camiones o vagones, el transporte, pesaje, conducción, alimentación, ayuno, ducha y aturdimiento. La importancia de los efectos de estos tratamientos dependerá del clima, del equipo utilizado, del personal y de muchos otros factores. La manipulación previa al sacrificio involucra todos los factores extrínsecos. ^{17,24,32,33}

1.5.2 Efecto del manejo previo al sacrificio.

El manejo gentil y equipo adecuado en instalaciones bien diseñadas minimiza los niveles de estrés, mejora la eficiencia y mantiene una buena calidad de carne. Los supervisores y encargados de rastros reconocen la importancia de las buenas prácticas de manejo, con una supervisión constante para mantener estándares humanitarios altos. Todos los procedimientos de manejo son esenciales porque todo ello conlleva a los siguientes propósitos: Calidad de la carne, pérdidas o ganancias, bienestar del animal.

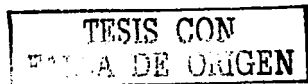
La secretaría de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural establece una Norma Oficial de Sanidad animal de cómo atender, supervisar y fomentar el trato humanitario a los animales durante su aprovechamiento, movilización y sacrificio. NOM-051-ZOO-1995.

Y la Universidad del Estado de Colorado en E. U. maneja una guía útil para resolver problemas usuales en el manejo de los animales. ^{29,30,31,34,35}

Entre los principales elementos a considerar están:

1. Factores Ambientales
2. Transporte
3. Descanso
4. Alimentación
5. Higiene de los establos
6. Descargas eléctricas en el manejo ante mortem
7. Inmovilización

(Ver cuadro 1 y 2)



Cuadro 1 Factores ambientales a considerar previos al sacrificio.

I. FACTORES AMBIENTALES	TEMPERATURA La temperatura puede ejercer un efecto estresante	<p>**FRÍO Los animales utilizan procesos adicionales para producir y conservar el calor corporal requiriendo un mayor flujo sanguíneo.</p> <p>**TEMP. ALTAS. Cuando la temperatura muscular se excede, el organismo animal es incapaz de liberarse del calor con suficiente rapidez, provocando acelerar las reacciones metabólicas y llevar a la muerte.</p>	<p>Se recomienda un área de encierro con temperatura óptima, previa al área de noqueo.</p> <p>Rociar suficiente agua en corrales de espera.</p>
	HUMEDAD La interacción entre la humedad y la temperatura determina el confort del animal.	<p>Niveles altos. Aumenta el malestar del animal.</p> <p>Ambiente frío.- la humedad del aire aumenta la velocidad de pérdida calórica directa del organismo.</p>	Evitar deshidrataciones
	LUZ, RUIDO Y ESPACIO	<p>Zonas oscuras. Tienden a moverse hacia fuentes luminosas, provocando amontonamientos.</p> <p>Ruidos extraños. Son factores estresantes</p> <p>Espacio suficiente para descarga de los animales.</p>	<p>Evitar factores de: reflejos brillantes, corrientes de aire o sonidos agudos.</p> <p>Evitar gritos, ruidos excesivos que provocan traumatismos.</p>

Fuente: SECOFI, 2000., Grandin, T. 1991., Gracey, J.F. 1989

Cuadro 2 Otros factores previos al sacrificio.

	Problema	Solución
2. TRANSPORTE	Caidas y lesiones	<ul style="list-style-type: none"> • Piso y rampas antideslizantes. • Cercas con superficies lisas. • Evitar mallugaduras, golpes. • Lijar cuernos. • No sobrecargar
	Camión de carga	<ul style="list-style-type: none"> • Mantenerlo en buen estado de funcionamiento. • Evitar escurrimiento de orina, heces o cualquier sustancia al exterior del vehículo. • No tener sobrecarga. • Altura suficiente. • Someterse a limpieza y desinfección antes y después de cada traslado. • Los vehículos que transportan animales por periodos mayores de 8 horas, deberán contar con un área para disponer de cadáveres, para colocar hasta 10% del transporte.
	Perdida de peso	<ul style="list-style-type: none"> • Mantener al animal sin alimento por 12 horas, su perdida será únicamente excretoria. • Instalaciones bien diseñadas. • Evitar transporte prolongado.
	Arreos bruscos, golpes y maltratos en carga y descarga	<ul style="list-style-type: none"> • No golpear al animal con tubos, palos, caras de acero, látigos, instrumentos punzo cortantes. • Capacitación del personal.
	Muerte o traumas	<ul style="list-style-type: none"> • Camión debidamente ventilado • Evitar climas extremos.
	Enfermedades	<ul style="list-style-type: none"> • Según la Norma NOM-024-ZOO-1995, prohíbe la movilización de especies animales entre entidades federativas.
	3. DESCANSO	Insuficiente
	Carne oscura	<ul style="list-style-type: none"> • Carne de animales que se sacrifican exhaustos atribuible a los cambios químicos que se dan en el músculo fatigado como descenso de oxígeno.

Continúa....

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

	<p>El tiempo de descanso de los animales de abasto en los corrales después de transporte, será de acuerdo a lo establecido en la NOM-009-ZOO-1994. Proceso sanitario de la carne.</p>	<p>Los animales deberán permanecer en los corrales de descanso el período de tiempo que a continuación de indica:</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>ESPECIE</th> <th>MÍNIMO</th> <th>MÁXIMO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Bovinos</td> <td>24 hrs</td> <td>72 hrs</td> </tr> <tr> <td>Ovinos</td> <td>12 hrs</td> <td>24 hrs</td> </tr> <tr> <td>Porcinos</td> <td>12 hrs</td> <td>24 hrs</td> </tr> <tr> <td>Equinos</td> <td>6 hrs</td> <td>12 hrs</td> </tr> </tbody> </table> <p>El tiempo de reposo podrá reducirse a la mitad del mínimo señalado, cuando el ganado provenga de lugares cuya distancia sea menor de 50 Km.</p>	ESPECIE	MÍNIMO	MÁXIMO	Bovinos	24 hrs	72 hrs	Ovinos	12 hrs	24 hrs	Porcinos	12 hrs	24 hrs	Equinos	6 hrs	12 hrs
ESPECIE	MÍNIMO	MÁXIMO															
Bovinos	24 hrs	72 hrs															
Ovinos	12 hrs	24 hrs															
Porcinos	12 hrs	24 hrs															
Equinos	6 hrs	12 hrs															
<p>4. ALIMENTACIÓN</p>	<p>Ayuno</p>	<p>Separar del alimento, para reducir el volumen gastrointestinal para evitar riesgo de contaminación de la canal durante la evisceración.</p> <p>Porcinos ayuno de 8 a 12 horas. Bovino de 18 a 24 horas.</p>															
	<p>Agua</p>	<p>Recibir agua en abundancia durante su estancia en el corral, reduce la carga bacteriana y facilita la eliminación del cuero y el aturdimiento eléctrico es más eficaz.</p>															
	<p>Carbohidratos</p>	<p>Si el glucógeno muscular se reduce por fatiga o excitación, se reduce calidad.</p> <p>Para minimizar las pérdidas del glucógeno muscular es aconsejable evitar miedos, excitaciones, fatigas, ejercicio excesivo.</p> <p>Alimentar a los cerdos en el establo con carbohidratos fácilmente digestibles como el azúcar, que restaura rápidamente la reserva de carbohidratos suministradora de energía (glucógeno) de los músculos e hígado, desarrollando la acidez normal en los músculos previniendo las pérdidas de peso en el hígado.</p>															
<p>5. HIGIENE DE ESTABLOS</p>		<p>Limpieza general y condiciones satisfactorias.</p>															
<p>6. DESCARGAS ELÉCTRICAS EN MANEJO ANTEMORTEM</p>		<p>Reducir la ayuda del choque eléctrico para moverse y un voltaje aplicado en áreas no sensibles.</p>															

Fuente: Eacuria, S. I. 1994., Velasco, J. 1998., Gracey, J. F. 1989.

La importancia de la dieta en las propiedades físicas del músculo es importante, siempre que no origine deficiencias nutritivas graves. Sin embargo, debe recordarse que el tipo o modelo de crecimiento de los tejidos corporales puede modificarse controlando la energía dietética y, por lo tanto, afectando a la composición muscular. Estos efectos dietéticos son en gran parte consecuencia de las diferencias de edad de los animales con un peso uniforme en el mercado.

El efecto general del nivel de nutrición sobre el crecimiento de los animales de carne se refleja en la composición de los diversos músculos. A medida que aumenta el porcentaje de tejido graso del animal aumenta también el porcentaje de grasa intramuscular. Cuando el esquema de alimentación es elevado aumenta la síntesis de grasa a partir de los carbohidratos y, en consecuencia, el índice de yodo es más bajo. Si la dieta contiene una gran cantidad de ácidos grasos insaturados, la grasa intramuscular de los cerdos es también insaturada, cosa que no sucede en los rumiantes debido a la hidrogenación que tiene lugar en el rumen. El contenido acuoso del músculo también depende de la naturaleza de la dieta. ^{24, 42, 59, 70}

7. Inmovilización

Las propiedades y composición de los músculos se ven influenciados por el tipo y eficacia del procedimiento de inmovilización.

Los instrumentos, equipo e instalaciones para insensibilizar y sacrificar a los animales serán diseñados, contruidos, mantenidos y usados de manera tal que se logre un rápido y efectivo resultado de su uso.

La matanza ritual (Kosher) la cual contempla preceptos religiosos es un tema de preocupación en muchos países ya que es un sacrificio sin insensibilización o noqueo previo. ²⁴

La intensidad estresante del proceso se refleja corrientemente en los músculos por la cantidad de glucógeno perdido. Las diferencias en contenido de glucógeno determinan diferencias en el pH último y en las propiedades físicas de los músculos. El aturdimiento debe ir seguido, de un rápido desangrado para evitar que el animal recupere la conciencia, disminuya su presión sanguínea y no presente hemorragias. Ello puede minimizarse utilizando voltajes adecuados y colocando los electrodos

correctamente. ^{5, 24, 29, 31, 34, 35, 70}

En el caso de los cerdos, el tiempo que transcurre entre la insensibilización y el desangrado es importante porque, como la presión arterial aumenta sin control después de la muerte cerebral, el rompimiento de vasos capilares puede ser tan masivo, que afecta las características del producto final.

La matanza de los animales de abasto está reglamentada en México por la NOM-033-ZOO-1995, donde establece los métodos de insensibilización y sacrificio de los animales, con el propósito de disminuir su sufrimiento. ^{5, 24, 29, 31, 34, 35, 76}

1.5.3 Efecto del manejo durante y posterior al sacrificio

Muchos de los factores y procesos de preparación *post mortem* de la carne pueden alterar la velocidad o la intensidad de los cambios que tienen lugar en el músculo. Algunos ejemplos específicos de procesos que influyen los fenómenos *post mortales* se muestran a continuación:

1.5.3.1 Sacrificio

Los problemas de calidad en el faenado o sacrificio de los animales repercuten en la industria de la carne, estos detalles, por simples que parezcan, conllevan a una calidad e higiene superiores en las canales, atributos que alargan la vida de la materia prima para productos cárnicos y remuneran en mayores beneficios económicos. ^{24, 31}

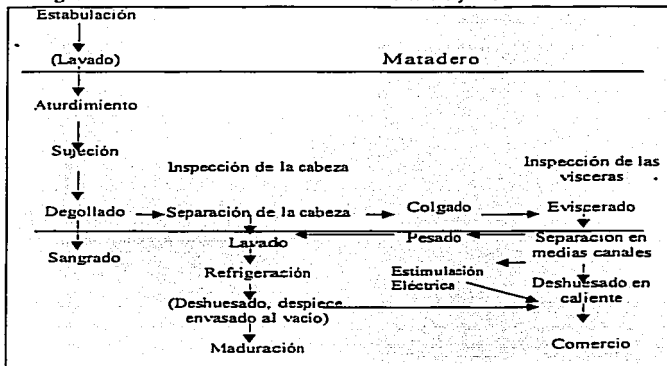
GANADO VACUNO.- Las operaciones unitarias de funcionamiento de un matadero convencional se ven en la Figura 7. La refrigeración rápida es un punto de control crítico que determina la calidad microbiológica de la carne. El principio general es que la refrigeración debería ser tan rápida como sea posible. La refrigeración rápida del vacuno, sin embargo, puede llevar al "acortamiento por frío" y la dureza consiguiente. En general se acepta que se enfría la carne a una temperatura de 10°C antes de que el valor del pH descienda hasta aproximadamente 5.5 y comience el *rigor*, es probable el acortamiento por el frío. La solución convencional es reducir la velocidad de enfriamiento, alcanzando un equilibrio entre los requerimientos contrarios de conseguir un enfriamiento rápido y evitar el acortamiento por el frío. Este equilibrio puede ser difícil de conseguir y una alternativa es usar la estimulación eléctrica para acelerar el desarrollo del *rigor*. ^{13, 24}

El vacuno se somete a maduración y debe mantenerse al menos una semana (preferiblemente más) antes del despiece para la venta. En las operaciones tradicionales, las medias canales permanecen intactas hasta el despiece, pero ahora es una práctica habitual realizar un deshuesado en caliente en piezas, que son envasadas a vacío. La preparación de las piezas en las plantas de envasado adyacente al matadero reduce los costos de refrigeración y transporte. Los supermercados particularmente también favorecen el uso de piezas deshuesadas por su comodidad en las operaciones de preenvasado. La demanda de la carne de alta calidad, sin embargo, ha llevado al surgimiento de la maduración del vacuno en medias canales.

OVINO.- El sacrificio del ovino sigue un proceso similar al del ganado vacuno. El ovino es propenso al acortamiento por frío y se requiere un control cuidadoso de enfriamiento.

CERDOS.- El cerdo difiere del ovino y el vacuno, no sólo por su propensión a las condiciones PSE, sino también porque la piel normalmente no se elimina después del sacrificio. Los cerdos se aturden, bien eléctricamente o por anestesia con CO₂, antes del sacrificio por degüello. El comienzo del *rigor mortis* es más rápido con aturdimiento eléctrico, esto y la mayor incidencia de carne PSE se atribuye a un aumento del metabolismo en un músculo y los vigorosos espasmos al desconectar la corriente. Después del aturdimiento los cerdos se atan por degüello, la canal generalmente se escalda después. El control de la velocidad de enfriamiento es un factor importante para determinar tanto la calidad microbiológica como organoléptica del cerdo. La velocidad de refrigeración afecta a la dureza de la carne, al color y a la capacidad de retención de agua. También puede haber una disminución de la actividad enzimática debida al acortamiento por frío, que contribuya a la dureza. ^{12,7}

Fig. 7 Procedimiento convencional de sacrificio y faenado del vacuno.



Fuente: Varnam A. H., Sutherland, J.P. 1998. "Carne y productos cárnicos". 1ª ed. Acribia, España.

1.5.3.2 Desangrado

La primera fase de la matanza tradicional es el desangrado (degüello o sangría) del animal, es decir, la extracción de toda la sangre de su cuerpo. El desangrado marca el comienzo de una serie de cambios *post mortem* del músculo. Tan pronto como desciende la presión sanguínea, el sistema circulatorio ha de ajustar su funcionamiento en un intento de mantener un aporte sanguíneo, adecuado para los órganos vitales. De hecho, únicamente se extrae del organismo el 50% aproximadamente del volumen sanguíneo total, el resto se mantiene fundamentalmente en los órganos vitales y ello exige gran atención en la producción cárnica. La sangre es un excelente medio para el crecimiento de los microorganismos causantes de alteración y el exceso de sangre en los cortes de carne es repugnante para el consumidor; de aquí que el desangrado muy completo constituya un comienzo óptimo del proceso de corte de canal, evitando el contacto de la canal con el pavimento. ^{24, 25}

1.5.3.3 Deshuesado en caliente

El deshuesado en caliente incluye el despiece de las canales en condición pre *rigor*, hasta 3 horas después del sacrificio, cuando los músculos todavía están calientes (15-20°C). El deshuesado en caliente tiene algunas ventajas que incluyen una mayor capacidad de retención de agua y color más uniforme. El costo de la refrigeración es más bajo que el de las canales enteras con hueso y hay menos pérdidas de peso por evaporación. El deshuesado en caliente se ha usado para preparar piezas de vacuno, cordero y cerdo destinado para el curado como a otros tipos de procesado.

El deshuesado en caliente puede estar acompañado por un ligero endurecimiento, debido a un acortamiento limitado del músculo que se produce justo antes de la desaparición del ATP, y es compensado por el efecto de ternera que se produce durante el mantenimiento a 15-20 °C, existiendo la preocupación porque el proceso favorece el crecimiento de microorganismos, debido a las condiciones de humedad, calor y superficies contaminadas. ^{16, 24}

1.5.3.4 Estimulación eléctrica

Los propósitos principales de la estimulación eléctrica en las canales son el enfriamiento rápido, control del descenso de pH, incremento de la suavidad, ternera y mejorar el color de la carne, así como para asegurar la instauración rápida del *rigor mortis*. El principio general es aplicar intermitentemente un voltaje a las canales. Esta estimulación se usa durante el procesado del vacuno y el ovino, pero no en el cerdo; aplicada hasta una hora después del sacrificio.

La estimulación eléctrica ejerce sus mayores efectos cuando el enfriamiento de las canales es suficientemente rápido para provocar un apreciable acortamiento por el frío; dando lugar a una carne más tierna; y cuando el enfriamiento es lento o demorado, puede tener influencia sobre la dureza (carne menos tierna), dependiendo de la velocidad de enfriamiento. ^{16, 21, 24}

1.5.3.5 Acondicionamiento (Maduración)

Los procesos metabólicos, se pueden considerar concluidos con la aparición de la rigidez cadavérica. La carne lista para ser consumida se obtiene después de un cierto tiempo de almacenamiento en refrigeración, tras el cual la carne resulta más tierna y jugosa, sin existir condiciones para la presentación del acortamiento por frío. Además cambia el aspecto de la carne, aparece un matiz marrón-rojizo, un cierto enturbamiento, se reduce la transparencia y el color se aclara y surge un aroma más agradable.

Para una maduración correcta es importante que exista una adecuada acidificación de la carne [pH=5.4 – 5.8]; los valores finales elevados de pH pueden conducir a una alteración bacteriana, así como a una acidificación insuficiente.

La maduración se lleva a cabo a una temperatura entre -1 y $+2$ °C. sin embargo, para acelerar este proceso se recomiendan temperaturas más elevadas.

Una vez alcanzado el punto final del *rigor mortis*, se inicia paulatinamente la desaparición de la rigidez cadavérica, este fenómeno es el principio de la maduración propiamente dicha de la carne, que, como en el caso del *rigor mortis*, se considera enzimático y sin participación bacteriana.

En el curso de la maduración se manifiestan los caracteres sensoriales deseables de la carne comestible, como son la textura, olor y sabor.

Se reconoce que el acondicionamiento de la carne por almacenamiento aumenta la tenderización tras el cocinado. La velocidad de tenderización varía considerablemente entre las especies.

Se sabe que en el proceso de maduración se distinguen generalmente fenómenos autolíticos de:

- Oxidación
- Autolítica.

El fenómeno de acidificación en el cual se utilizan las reservas de glucógeno y la consecuente caída del pH que tendrán un efecto importante en las moléculas proteicas. Puesto que el proceso de maduración está ligado al de acidificación, se deben tener en cuenta todas las condiciones que lo favorecen.

A temperaturas de aproximadamente 5 °C se requiere al menos 14 días para conseguir el 80% de tenderización del vacuno, y sólo 5 días para el cerdo. ^{1, 7, 74}

1.5.3.6 Colgado de la canal

La suspensión de las canales animales en rieles ejerce tensión en algunos músculos y deja otros sin tensión alguna. Existen estudios que han demostrado que la cantidad de tensión controla parcialmente el grado de acortamiento del *rigor*. Al medir sarcómeros, los músculos que presentan la máxima tensión durante el *rigor* tienen los sarcómeros más largos y están, en consecuencia, en un estado reducido de contractura *post-rigor*. Tales músculos son más tiernos que los que se deja que se acorten libremente. En los animales jóvenes gran parte de las diferencias de ablandamiento de unos músculos a otros son consecuencia de la diferente tensión muscular durante la instauración del *rigor*. Cuando las canales se suspenden del tendón de Aquiles, de acuerdo con la práctica comercial normal, se desarrolla una tensión máxima en el músculo *piasi* que, consecuentemente, es muy tierno. Cuando la canal se suspende de la pelvis, la tensión aumenta en diversos músculos del lomo y de la pierna convirtiéndolos en más tiernos que los de las canales suspendidas de acuerdo con las prácticas comerciales.²⁴

1.5.3.7 Refrigerado de la canal

Durante la refrigeración de las canales se pueden generar ciertos cambios físicos, por efecto de la temperatura y variables intrínsecas del músculo. Mucho de lo que ocurre antes del *rigor mortis* y en función de la temperatura, se debe a la actividad enzimática de las células musculares. Primeramente la descripción del aparato contráctil del músculo mencionado en el capítulo III, nos simplifica la explicación; donde el patrón de arreglo de las proteínas dentro de una miofibrilla, repetida denominada sarcómero. En un sarcómero relajado, los filamentos gruesos y delgados se empalman ligeramente. Durante la contracción (normal o por acortamiento), la zona del empalme aumenta debido a la interacción proteica de la actina con la miosina. El resultado final es un sarcómero más pequeño y una mayor cantidad de filamentos en la sección transversal de corte.

Inmediatamente después del sacrificio, el músculo es susceptible a una serie de cambios. Se ha convertido de un organismo vivo, capaz de autorregular temperatura y pH, repeler infecciones y funcionar en contracción, a una masa sin control, cargado de compuestos químicos altamente dinámicos. El músculo es definitivamente muy susceptible a la descomposición microbiológica.

desnaturalización de proteínas y cambios enzimáticos. Por lo tanto, es muy recomendable que la temperatura se reduzca, puesto que las diferencias mínimas de temperatura traen efectos dramáticos en la velocidad enzimática. Es importante mencionar los problemas que ocurren por efectos de la temperatura y que repercuten enormemente en las características del producto final.⁷⁴

1.5.3.8 Acortamiento por frío

El acortamiento por frío se produce en las canales de bovino y ovino cuando bajan a los 15 °C antes de que ocurra el *rigor mortis*. Para medir este proceso es necesario que se conozca el pH del músculo; y se puede decir que este problema ocurre cuando las canales de bovino alcanzan los 10 °C y el pH es todavía menor de 5.8.; en ovinos es de 16 °C y pH>5.8. El pH y la temperatura declinan cada uno a su ritmo y el problema sólo ocurre cuando las canales se enfrían muy rápidamente. El problema se presenta muy rara vez en cerdos debido principalmente a:

- Los cerdos poseen una mayor proporción de células blancas (anaeróbicas), mientras que los ovinos y bovinos tienen mayor cantidad de células rojas (aeróbicas). Debido a la falta de oxígeno en la etapa *post mortem*, las células rojas presentan una glicólisis más lenta y una caída de pH más tardada. Es conveniente mencionar que si la canal de cerdo es desprovista de grasa y piel, el acortamiento por frío puede ocurrir.

Se ha mencionado cómo ocurre el acortamiento por frío en función del pH y la temperatura. Sin embargo, eso tiene poca validez práctica, puesto que nadie mide caídas de pH y temperatura en rastro comercial. En términos generales, se desea que la temperatura no sea de 10 °C antes de las 14 hrs. de refrigeración. Para bovinos, se sugiere que la canal se enfríe en un cuarto a 10 °C. Al aumentar la masa de las canales calientes en el refrigerador, la temperatura se tiende a incrementar para evitar lo anterior, es muy común que la temperatura del refrigerador sea menor a los 0 °C cuando esté vacío. Si las canales no poseen una capa de grasa subcutánea que las proteja, éstas se enfrían muy rápidamente, pues la grasa actúa como aislante de la temperatura. Para determinar si el acortamiento ocurre, es necesario realizar mediciones de pH y temperatura. Se debe aclarar que el pH debe medirse con un potenciómetro de aguja o con uno tradicional, asegurándose que la muestra es tratada inmediatamente para evitar que el pH continúe su baja.⁷⁴

»

El acortamiento por frío causa una reducción de la longitud del músculo hasta un 80% del original, aunado al encogimiento, se presenta un desplazamiento físico de los jugos naturales de la carne. Esto último es muy importante, puesto que según lo que se ha mencionado, si un músculo se remueve de la canal antes del *rigor*, este se encogerá longitudinalmente, aumentando naturalmente su diámetro. El resultado en calidad es hasta de cinco veces más dura. El acortamiento medido en función del largo de los sarcómeros, es de 2.6 micras en un músculo con enfriamiento normal comparado con un 1.6 en los músculos contraídos por el frío. La dureza aumenta debido a que en un corte transversal del músculo habrá que cortar mayor cantidad de proteína miofibrilar y un mayor contenido de tejido conectivo (el endomisio, capa de colágeno que cubre cada célula) es ahora más concentrado por unidad de área en un corte transversal.

A nivel metabólico, la explicación del acortamiento es compleja. A medida que la temperatura disminuye súbitamente, el retículo endoplásmico (organelo encargado de mantener secuestrado los iones de calcio para evitar la contracción), se ve imposibilitado de mantener o retener los iones de calcio. En esta etapa, el músculo todavía es capaz de contraerse, de tal manera que al liberarse el calcio, se produce una contracción severa. Note que se ha dicho 10°C y pH=5.8 sólo como puntos de referencia. Lo que se requiere es que la velocidad de enfriamiento le dé oportunidad al pH de ser menor a 5.8 antes que la temperatura sea de 10 °C o bien, que la caída del pH sea más rápida (por estimulación eléctrica) para que el pH baje de 5.8 antes que la temperatura llegue a dicho punto. Una manera alternativa (menos eficaz que la estimulación eléctrica) es el retardamiento de la refrigeración, que consiste en dejar las canales a temperatura ambiente por un par de horas, para acelerar el proceso glucolítico y la caída del pH, antes de enfriarlas. Por lo tanto, la actividad microbiológica es más agresiva y la vida de anaquel más corta.

1.5.3.9 *Rigor* por descongelación.

El *rigor* por descongelación es similar al acortamiento por frío, pero con consecuencias más severas. Este solo ocurre cuando se congela un músculo antes del *rigor*. Dado que el músculo todavía posee energía y al aparato contráctil, ocurre una contracción violenta durante la descongelación. Durante el tiempo que permanece congelado el músculo, las reservas de energía

se conservan inactivas y no puede ocurrir la contracción. En el mismo período de tiempo, la formación de cristales dentro de la célula daña físicamente al retículo endoplásmico. Al momento de la descongelación, el calcio es liberado súbitamente y, en presencia de energía, se da la contracción. En la actualidad, este problema no ocurre regularmente, muchos procesadores evitan congelar la carne antes del *rigor*.^{74, 83}

1.5.4 El estrés

El efecto del estrés en el manejo del ganado tiene importancia debido a algunas razones primordialmente:

1. Tiende a ser uno de los factores más determinantes de la calidad de la carne.
2. El reducir el estrés disminuye la capacidad de combatir enfermedades y además reduce la ganancia de peso.
3. Es justo brindarles un trato digno y humanitario a los animales en el estado previo a la muerte por agradecimiento a su sacrificio.

Se puede prevenir con algunas consideraciones:

- Buen diseño de las instalaciones, dar mantenimiento al equipo y evaluar métodos de trabajo
- Manejar al ganado de manera pertinente para su buen estado
- La eliminación de procedimientos innecesarios. Cada procedimiento extra de manejo genera más estrés y hematomas. (baño si no es necesario, el ayuno o la trasquila de los animales)
- Capacitación de los empleados: para manejo del ganado de forma gentil.
- Eliminar distracciones que interrumpen el movimiento del animal, proveer de estimulación ambiental extra en los edificios (radio en los corrales a un volumen razonable evita reacciones de sobresalto)
- No mezclar animales extraños antes del sacrificio, esto reduce: estrés, evita peleas.

17, 24, 31, 32, 39, 37, 76, 79

Los métodos de prevención comienzan determinando la causa del malestar animal y efectuar auditorías en plantas de faena por parte de las empresas que compran carne como materia prima.^{84, 85}

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

CAPITULO II

FISIOLOGÍA Y ANATOMÍA DEL MÚSCULO

2.1 COMPOSICION DEL TEJIDO MUSCULAR

En el organismo animal se reconocen, cuatro tejidos básicos- epitelial, conjuntivo, nervioso y muscular a partir de los cuales se originan todos los demás. La carne se compone fundamentalmente de músculo, el cual se divide generalmente en tres tipos: Esquelético, Cardíaco y Liso.

Los músculos esqueléticos constituyen la mayor parte (35-65%) del peso de la carne de las canales animales. Además de músculo esquelético, la carne contiene una pequeña proporción de musculatura lisa que se encuentra en las paredes de los vasos sanguíneos. Otra forma especializada de tejido muscular, el llamado músculo cardíaco, se limita sólo al corazón. Los músculos esqueléticos y cardíaco se denominan también estriados debido a que al observarlos al microscopio presentan bandas transversales (Ver figura 8). El músculo esquelético se denomina voluntario, mientras que al liso y cardíaco se les da el nombre de involuntario. El músculo y los tejidos conectivos son los componentes mayoritarios de la carne (músculo, grasa y huesos) de la canal animal y son los responsables de las características cualitativas y cuantitativas de la carne. ^{6, 19, 24, 42}

El estudio de la estructura del músculo esquelético permite conocer mejor su composición química, información básica para comprender los cambios que tienen lugar durante la transformación del músculo en carne y los factores que afectan a la calidad de la misma. 19

Fig. 8 Microfotografía de fibras esqueléticas (X 630)



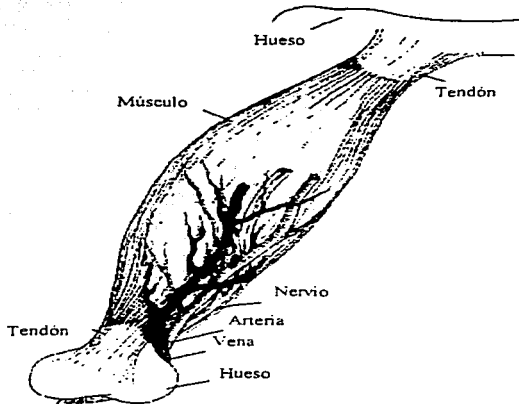
Fuente: En: Forrest, J.C., et al. 1979. Fundamentos de Ciencia de la Carne. 1ª ed. Acribia. España.

2.2 ESTRUCTURA

Músculo esquelético.

La mayoría de los músculos esqueléticos se unen directamente a los huesos, y otros a ligamentos, fascias, cartílagos y piel. Cada músculo está cubierto por una fina funda de tejido conectivo, en el músculo entran y salen fibras nerviosas y vasos sanguíneos, acompañando a la red de tejido conectivo proporcionándole de esa forma un sistema para el aporte de nutrimentos y eliminación de desechos. En las Figuras 9 y 10 se observan las características descritas.²⁴

Fig. 9 Dibujo de un músculo esquelético en el que se muestran las relaciones estructurales entre tendones, vasos sanguíneos y nervios.



Fuente: En: Forrest, J.C., et al. 1979. Fundamentos de Ciencia de la Carne. 1ª ed. Acribia, España.

TECIS CON
FALLA DE ORIGEN

La inspección visual de un músculo muestra que está rodeado por una lámina de tejido conectivo llamada epimisio, que se torna denso en el punto donde el músculo se une al hueso convirtiéndose en tendón. De su superficie interna parten ramas de tejido al interior del músculo separándolo en haces fibrosos musculares. Estos tabiques de separación portan vasos sanguíneos y nervios y constituyen en conjunto el perimisio, siendo éste más grueso que el endomisio. A partir del perimisio se forma una fina red de tejido conectivo que rodea a cada fibra muscular, está delicada estructura constituye el endomisio.

El endomisio, el perimisio y el tendón epimisio constituyen una red continua de tejido conjuntivo que transmite la contracción muscular al hueso, causándose así el movimiento del esqueleto.

La unidad estructural del músculo esquelético es muy especializada y se le denomina corrientemente *fibra muscular*, esta constituye del 75 al 92% del volumen muscular total. Los tejidos conectivos, vasos sanguíneos, fibras nerviosas y líquido extracelular constituyen el volumen restante, del que la mayor parte lo forma el líquido extracelular.

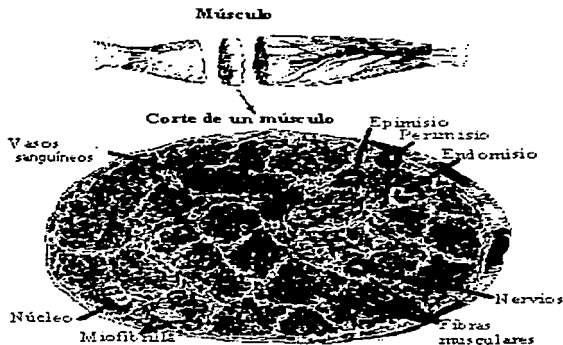
El tamaño de los haces de fibras musculares influye sobre la textura de la carne resultante: los haces grandes dan una textura más grosera. Hacia los extremos del músculo, el epimisio y endomisio se unen para construir agregados, formándose los tendones que unen el músculo al hueso. ^{19, 42, 43}

Fibra muscular esquelética

Las fibras musculares esqueléticas de mamíferos y aves son células filamentosas largas, sin ramificar, que disminuyen de diámetro por ambos extremos como lo vemos en la figura 10. Aunque las fibras pueden alcanzar una longitud de varios centímetros, generalmente no son tan largas como el músculo completo. Es la unidad fundamental en donde tienen lugar todos los procesos metabólicos del músculo "*in vivo*" y los procesos bioquímicos *post mortem* durante la transformación del músculo en carne. ^{19, 20, 24, 42, 52}

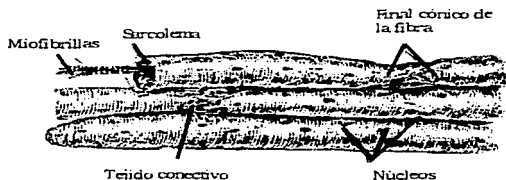


Fig. 10 Corte transversal de un músculo esquelético en el que se aprecian fibras, tejidos conectivos y vasos sanguíneos.



Fuente: Modificado de J. E. Crouch, *Functional Human Anatomy*, 2ª ed. 1972. Lea & Febiger, Philadelphia. En: Forrest, J.C., et al. 1979. *Fundamentos de Ciencia de la Carne*. 1ª ed. Acribia, España.

Fig. 11 Dibujo de fibras musculares esqueléticas en el que se aprecian sus caracteres estructurales y su orientación longitudinal.

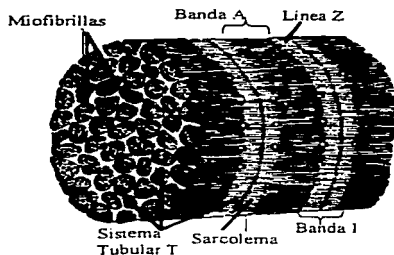


Fuente: De M. Brödel, *Johns Hopkins Hosp. Bull* 1937. En: Forrest, J.C. et al. 1979. *Fundamentos de Ciencia de la Carne*. 1ª ed. Acribia, España.

Cada fibra muscular está rodeada por una membrana denominada sarcolema, situada bajo el endomisio.

Sarcolema: Membrana que rodea a la fibra muscular, se compone de proteínas y lípidos y, es relativamente elástica; lo podemos observar en la figura 11. A lo largo de la fibra y de toda su circunferencia, se forman invaginaciones del sarcolema que forman una red de túbulos, denominados *túbulos transversales* (Figura 12) llamados *sistema T* o *túbulos T*. Las terminaciones de las fibras nerviosas motoras se localizan en el sarcolema en *unión mioneural* (Ver figura 13). La unión mioneural es el lugar en el que las terminaciones de las fibras nerviosas motoras se implantan en pequeñas invaginaciones del sarcolema, como se aprecia en la figura 14. ^{2*}

Fig. 12 Dibujo de una sección transversal de una fibra muscular.



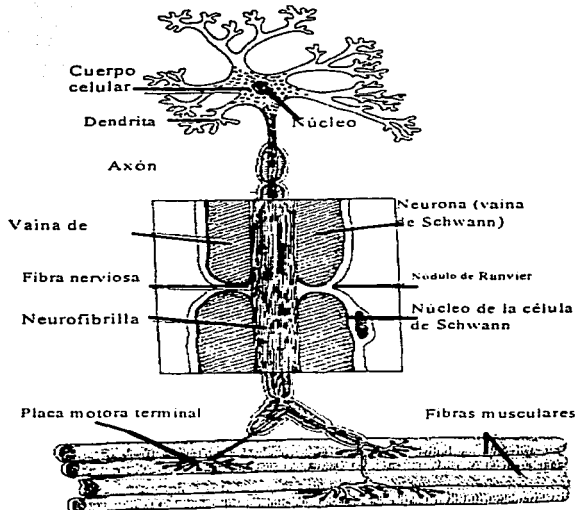
Fuente: Modificado de L. D. Peachey en Brasley, Cassens, Marsh, ed. The Physiology and Biochemistry of Muscle as Food - University of Wisconsin press, Madison, 1970. En: Forrest, J.C. et al. 1979. Fundamentos de Ciencia de la Carne. 1ª ed. Acribia. España.

Dentro del sarcolema se encuentran las miofibrillas que aparecen incluidas en una fase líquida, el sarcoplasma. ^{19, 20, 24, 33}

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

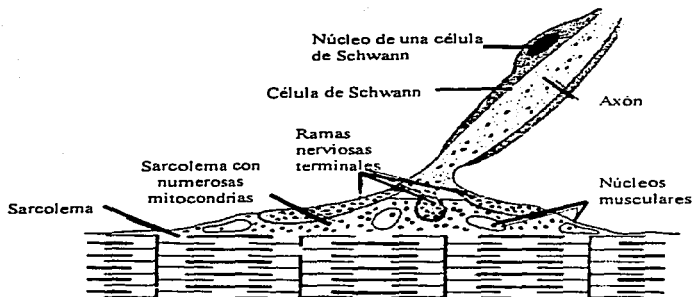
Sarcoplasma: Se trata de una sustancia de consistencia semifluida que rellena el interior de la fibra muscular cubriendo todo el sistema contráctil. Se compone de un 75- 85% de agua además de gotitas de lípidos, cantidades variables de gránulos de glucógeno ribosomas, numerosas proteínas, compuestos nitrogenados no proteicos y diversos componentes inorgánicos. Siendo su función la de proporcionar energía química y eliminar desechos metabólicos. 19, 20, 24, 30

Fig 13' Diagrama de una neurona y de las placas motoras terminales con ella asociadas.



Fuente: Modificado de J. E. Crouch, *Functional Human Anatomy*, 2ª ed. Lea & Febiger, Philadelphia, 1972. En: Forren, J.C., et al. 1979. *Fundamentos de Ciencia de la Carne*, 1ª ed. Acribia, España.

Fig. 14 Representación esquemática de la terminación de la placa motriz.

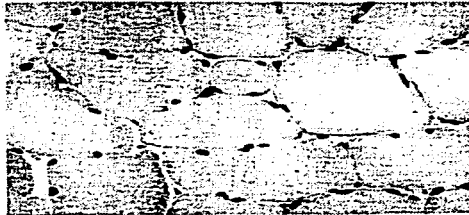


Fuente: Modificada de R. Courtaux. Structure and Function of Muscle, G.H.B., ed. Academic Press, NY, 1960. En: Forrest, J.C., et al. 1979. Fundamentos de Ciencia de la Carne. 1ª ed. Acribia, España.

Núcleos: Las fibras musculares esqueléticas son multinucleadas, pero debido a su gran variación en longitud, el número de núcleos por célula no es constante (Ver figura 15). Los núcleos se distribuyen irregularmente a lo largo de la fibra muscular debajo del sarcolema. ^{19, 24}

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Fig. 15 Microfotografía de una sección transversal de fibras musculares esqueléticas de cerdo se observa su forma poligonal y la posición periférica de los núcleos (X 630)



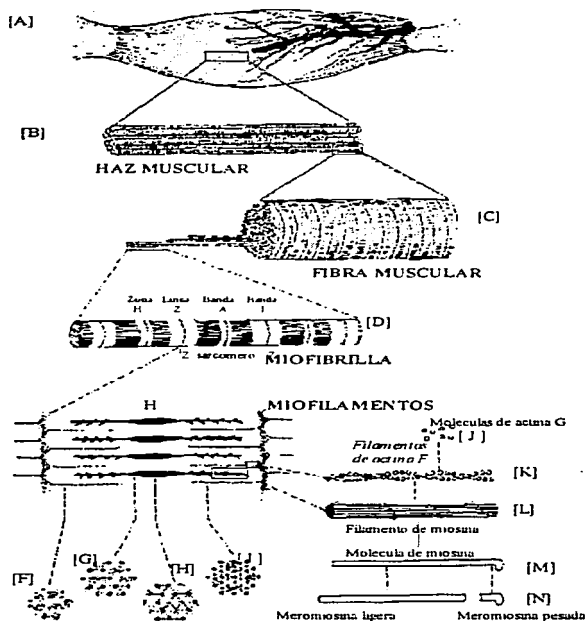
Fuente: En: Forrest, J.C., et al. 1979. Fundamentos de Ciencia de la Carne. 1ª ed. Acribia. España.

Miofibrillas: Es un órgano propio del tejido muscular, son bastoncitos largos y finos formados de miofilamentos de proteínas. Están bañadas por el sarcoplasma y se extienden a todo lo largo de la fibra muscular. Las miofibrillas ocupan aproximadamente el 80% del volumen celular. En la figura 16 (D), se muestra representada una miofibrilla y en la figura 17 una microfotografía electrónica de la misma. La composición de las miofibrillas es de suma importancia en el entendimiento de la contracción muscular, fenómeno que se debe a la posición de las proteínas y su interacción.

Los cortes transversales de las miofibrillas presentan una serie de puntos ordenados de dos tamaños distintos (Figura 18) y tales puntos corresponden a los *filamentos* (del interior de las miofibrillas) que se muestran en los cortes longitudinales en las figuras 16 (D) y 17. los filamentos finos y delgados se disponen paralelamente entre sí con respecto de los gruesos, esta disposición de los filamentos y el hecho de que los gruesos y finos se cubran en ciertas regiones a lo largo de sus ejes longitudinales, explica las características de bandas o estrías de la miofibrilla.

19. 2-

Fig. 16 Diagrama de la organización de un músculo esquelético, desde estructura macroscópica a nivel molecular.

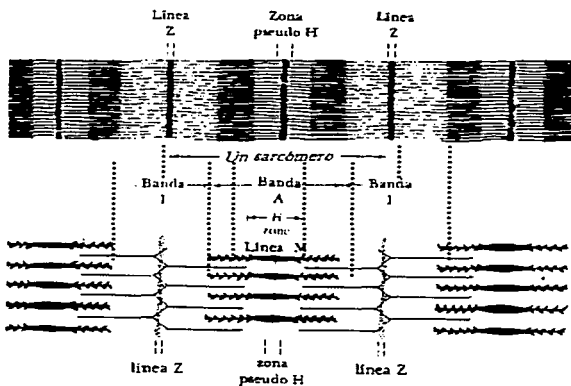


Fuente: Modificación de Bloom y Fawcett, *A textbook of Histology*, 9ª. Ed., W.B. Saunders Company, Philadelphia, p. 273, 1968. En: Forrest, J.C., et al. 1979. *Fundamentos de Ciencia de la Carne*. 1ª ed. Acribia, España.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

- [A] Músculo esquelético.
- [B] Un haz de fibras musculares.
- [C] Fibra muscular, observando las miofibrillas
- [D] Miofibrilla que muestra el sarcómero y distintas bandas y líneas.
- [E] Sarcómero se ve la posición de los miofilamentos en la miofibrilla.
- [F-I] Secciones transversales que muestran la disposición de los miofilamentos en diversas partes del sarcómero.
- [J] Moléculas de actina G.
- [K] Filamento de actina formado por dos cadenas de actina F enrolladas entre sí.
- [L] Filamento de miosina mostrando las relaciones de las cabezas con el filamento.
- [M] Filamento de miosina, se aprecia las regiones de cabeza y cola.
- [N] Meromiosina ligera y pesada de la molécula de miosina.

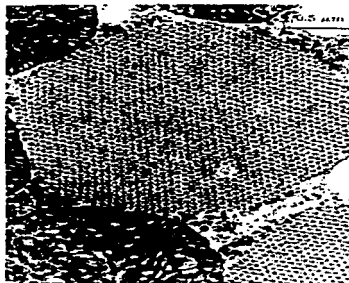
Fig. 17 Dibujo a partir de una microfotografía electrónica, porciones de dos miofibrillas y un sarcómero (x 15.333); diagrama correspondiente a un sarcómero mostrando las distintas bandas, zonas y líneas.



Fuente: Modificación de H.E. Huxley "The Mechanism of Muscle Contraction". 1965 por Scientific American, Inc. All rights reserved. En: Forrean, J.C., et al. 1979. Fundamentos de Ciencia de la Carne. 1ª ed. Acribia, España.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Fig. 18 Microfotografía electrónica de un corte transversal de una miofibrilla.



Fuente: Adaptación de D.S. Smith, *Muscle*, Academic Press, Inc., New York, p. 14, 1972. En: Forrest, J.C., et al. 1979. *Fundamentos de Ciencia de la Carne*. 1ª ed. Acribia, España.

Miofilamentos: Los filamentos gruesos y delgados de las miofibrillas no sólo difieren en dimensiones, sino en composición química, propiedades y situación en el sarcómero. Los filamentos gruesos se componen casi exclusivamente de *miosina* se le denomina *filamentos de miosina* y los filamentos delgados se componen fundamentalmente de una proteína, la *actina*, por lo que se les llama *filamentos de actina*.^{26,42}

Ultraestructura de la línea Z: En un corte longitudinal se aprecia que cada filamento de actina de uno de los lados de la línea Z se sitúa entre dos filamentos de actina del lado opuesto a la línea Z (Figura 16 (E) y 17).^{26,29,42}

Proteínas de los miofilamentos: Las proteínas de los filamentos gruesos y delgados, lo mismo que las reguladoras, se incluyen bajo el término de *proteínas miofibrilares*, las constituyen las proteínas miosina y actina, siendo la fracción restante de *proteínas reguladoras* que reciben este

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

nombre por sus funciones de control directo o indirecto, del complejo adenosintrifosfato-actina-miosina.

Entre ellas se encuentran la tropomiosina, la troponina, dos proteínas M, la actinina- α , las proteínas C y la actinina β (orden decreciente de concentración).^{20, 42}

Las proteínas reguladoras se asocian a la tropomiosina, troponina y actinina β ; la proteína C aparece en los filamentos de miosina; la actinina α es un componente de la línea Z y las proteínas M se cree que son sustancias que forman parte de la línea M.

Las proteínas representan el componente más abundante de la materia seca del músculo. Desempeñan un papel fundamental en sus funciones fisiológicas "in vivo" y en los cambios que se originan después de la muerte del animal.²⁰

Durante la contracción muscular cada cabeza de miosina se une a una molécula de actina G del filamento de actina. La formación de puentes, mediante esta interacción, entre la actina y la miosina origina el complejo químico conocido como actomiosina que da lugar a un estado de rigidez y de relativa inestabilidad muscular. La actomiosina constituye la mayor parte de las proteínas fibrilares encontradas en el músculo *post mortem* y la rigidez que se origina tras la muerte animal (*rigor mortis*) se debe en gran parte a este complejo. En el animal vivo es un compuesto transitorio dado que los puentes que se forman entre los filamentos de actina y de miosina se rompen durante la fase de relajación del ciclo de contracción. Cuando el músculo está en reposo prácticamente no existen puentes.

En los filamentos de miosina se encuentra otra proteína, la proteína C.

La tropomiosina posee una molécula muy cargada rica en aminoácidos ácidos y básicos.

La troponina, proteína globular, con contenido en prolina relativamente alto.

En el contenido de prolina de la actinina- α , que también es una proteína globular, es comparable al de la actina; se encuentra en la línea Z.

La actinina- β , otra proteína globular, se localiza en las terminaciones de los filamentos de actina.

Es muy poco lo que se conoce acerca de las proteínas M; se cree que en los músculos de los mamíferos constituyen las sustancias de la línea M que mantienen unidas las colas de miosina y así conservan la disposición de los filamentos de miosina.^{20, 42}

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Retículo sarcoplásmico (SR) y ríbulos T: Este corresponde al retículo endoplásmico de otros tipos de células. El SR es un sistema membranoso de túbulos y cisternas (reservorios planos de Ca^{2+}) que forman una densa red alrededor de cada miofibrilla. Los ríbulos T están asociados al sarcolema. El SR es de naturaleza intracelular y las membranas reticulares son los lugares de almacenamiento de las Ca^{2+} de las fibras musculares en reposo.²⁴

Mitochondrias: Son orgánulos oblongos localizados en el sarcoplasma. Capturan la energía procedente del metabolismo de carbohidratos, lípidos y proteínas, proporcionando a la célula una fuente de energía química.²⁴

Lisosomas: Son vesículas pequeñas que se sitúan en el sarcoplasma y que contienen diversas enzimas que en su conjunto son capaces de digerir las células y sus contenidos. Entre las enzimas de las lisosomas debe citarse un grupo de enzimas proteolíticas conocidas como catepsinas, que ejercen acciones proteolíticas sobre algunas proteínas musculares, contribuyendo así al ablandamiento de la carne durante la maduración *post-mortem*.²¹

Catepsinas: Después del sacrificio del animal, y dentro de las siguientes 24 horas, al tener efecto la conversión del músculo en carne, el tejido muscular se ablanda de manera natural por acción de diversas enzimas proteolíticas, principalmente las catepsinas de los lisosomas. Presentes en el tejido muscular, activas a pH's ácidos de 2.5 - 4.5. Se clasifican en A, B, C, D y E, H, Y L). Las catepsinas desempeñan un papel fundamental en el proceso de maduración de la carne, durante el cual se hace más tierna y aromática.^{6,11}

Para comprender las modificaciones posteriores al sacrificio, que experimenta la carne, conviene estudiar el fundamento de la contracción del músculo.

2.3 MECANISMO DE CONTRACCIÓN MUSCULAR

El músculo vivo es un tejido muy especializado, que mediante su contracción convierte la energía química en energía mecánica. La muerte del animal en el sacrificio inicia los procesos metabólicos en el músculo que alteran su naturaleza *in vivo* y se transforma en carne. Los músculos están dispuestos y unidos al esqueleto de tal forma que su contracción y relajación

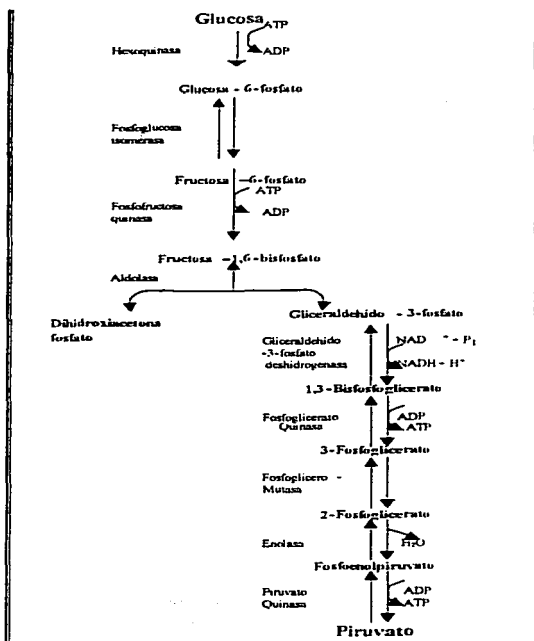
origina movimientos y locomoción. Cuando el músculo se convierte en carne pierde la capacidad de contraerse y relajarse; algunos aspectos de la contracción y relajación *in vivo* tienen relación con el acortamiento y disminución del ablandamiento que ocurren en la carne durante los cambios *post mortem* afectando la calidad de la carne. Los procesos bioquímicos que proporcionan energía para la función muscular de los animales vivos son los mismos que llevan a la producción de ácido láctico y la pérdida de la capacidad de retención de agua durante el período *post mortem*.^{31,74}

La contracción del músculo esquelético implica directamente a cuatro de las proteínas miofibrilares: miosina, actina, tropomiosina y troponina.

La glucosa, formada en el hígado o absorbida directamente del intestino por la corriente sanguínea, se almacena en el músculo en forma de glucógeno, un polímero de la glucosa, con características parecidas al almidón.

Cuando la circulación cesa, los músculos ya no pueden obtener energía por la respiración, ya que la actividad mitocondrial cesa con la depleción del oxígeno interno. Como consecuencia el glucógeno, la principal reserva de energía del músculo, se convierte en ácido láctico en anaerobiosis, vía la glicólisis *post mortem*. Esta reacción proporciona la energía necesaria para intentar mantener la integridad estructural y funcional. La glicólisis *post mortem* responde a la ruta de Embden- Meyerhof, convirtiéndose el glucógeno a través de series de metabolitos intermedios de 3 y 6 carbonos de piruvato, que después es reducido a lactato y se representa esquemáticamente en la figura 19.^{31,74}

Fig. 19 Pasos principales de la vía glicólica.



Fuente: Álvarez, V. M., et al. 1997. Manual esquemático de bioquímica general para la carrera de Ingeniería en Alimentos. 1ª impresión. UNAM, México.

El adenosín-trifosfato (ATP) es el reservorio inmediato a través del cual estas reacciones liberan energía oxidativa al músculo.

El ATP es fácilmente convertido de 31 kJ o 7.4 Kcal/mol. En el animal vivo el adenosín-difosfato (ADP) producido es finalmente resintetizado a ATP por la respiración mediante la cual el glucógeno muscular en forma de glucosa se metaboliza por la vía Embden- Meyerhof a ácido pirúvico o ácido láctico. En condiciones aeróbicas el ácido pirúvico es subsiguientemente incorporado al ciclo de Krebs (o del ácido cítrico) produciéndose al final del proceso, dióxido de carbono y agua. La degradación y resíntesis de ATP constituyen el enlace entre la energía química liberada por oxidación y el movimiento mecánico generado en el músculo. La conversión de una molécula de glucosa en ácido pirúvico o láctico por la vía Embden-Meyerhof, seguida por la subsiguiente oxidación de estos productos mediante el ciclo de Krebs libera energía suficiente para la resíntesis de moléculas de ATP a partir de ADP.^{11,24}

Las siguientes características ópticas proporcionan la clave estructural del mecanismo de contracción de la fibra muscular: Cuando el músculo se examina al microscopio se observa su estructura estriada o en bandas alternas claras y oscuras. La banda oscura observada en el microscopio de luz ordinaria es anisótropa (birrefringente) a la luz polarizada y se le denomina, por tanto, banda A. La banda clara es isótropa y, por tanto, se conoce como banda I. En el centro de la banda I existe una línea oscura denominada línea Z. Una zona más clara en el centro de la banda A se conoce como banda H (Ver figura 17). En el centro de la banda H existe otra banda oscura denominada línea M. Estas características ópticas proporcionan la clave estructural del mecanismo de contracción de la fibra muscular.

Los filamentos gruesos y oscuros son miosina y los filamentos delgados unidos a las líneas Z son actina. Se acepta de modo general que durante la contracción los extremos de los filamentos de miosina se desplazan hacia la línea Z, los filamentos de actina se deslizan por ellos hasta que se encuentran en la línea M y en los casos de contracción extrema, inclusive se solapan. Las dos líneas Z del sarcómero son así empujadas una hacia la otra y la acción repetida a lo largo de todo el músculo produce la contracción. La relajación es el proceso inverso, las miofibrillas vuelven a la posición de reposo. (Ver figura 17)^{11,24}

El modelo planar se puede perfeccionar mediante examen de una sección transversal (Figura 16 F-1) en el microscopio electrónico. Los filamentos de miosina se representan como círculos

pequeños. Cada filamento de miosina se halla en el centro de una disposición hexagonal de filamentos de actina y la interdigitación, representa la interacción entre un filamento de miosina y sus filamentos vecinos de actina cada uno de los cuales también participa en interacción similar con la miosina del centro del hexágono vecino.^{51,74}

Para almacenar la energía del ATP a fin de realizar el movimiento de deslizamiento y su subsiguiente relajación se simplifica como sigue:

1. Una señal, en forma de impulso eléctrico, se desplaza a lo largo de la fibra nerviosa y despolariza el sarcolema o vaina de la fibra.
2. Como resultado ocurren cambios del retículo sarcoplásmico en la línea Z, liberando Ca^{2+} .
3. Los iones calcio tienen dos efectos. Primero, liberan ATP activo de su complejo inactivo como magnesio, permitiendo que las cabezas de miosina se ligan con los filamentos de actina más próximos. En segundo lugar, estimulan a la enzima miosín-ATP-asa.
4. Esta enzima escinde el ATP a ADP liberando la energía necesaria para que los filamentos de actina (ahora unidos a la miosina) empujen o puedan empujar hacia la zona H de cada lado, deslizándose por los filamentos de miosina.
5. La interdigitación ocurre en una serie de etapas, el músculo se acorta globalmente, a medida que se contrae en respuesta a la estimulación nerviosa continua.
6. Los filamentos se bloquean en la posición contraída hasta que cesa la estimulación nerviosa. Los túbulos del retículo sarcoplásmico bombean el Ca^{2+} fuera del sistema inhibiendo la ATP-asa. De este modo puede elevarse de nuevo el nivel de ATP, a medida que se resintetiza ATP a partir de la glicólisis éste inunda el sistema, se vuelve a formar el complejo ATP-magnesio y se restablece el estado de relajación.^{75,76}

En comparación con la respiración, la glicólisis *post mortem* es un medio ineficaz de proporcionar energía; esencialmente por la resíntesis de ATP. El rendimiento de ATP durante la glicólisis *post mortem* es sólo 2-3 moles de ATP por mol de glucosa, comparado con 36-37 moles durante la respiración aerobia. En el periodo *post mortem* inicial algo de ATP se regenera por conversión de la creatina fosfato en creatina y la transferencia de su fosfato al ADP. Algo de ATP también puede generarse por el sistema adenilato kinasas, que convierte dos moléculas de ADP en

una molécula de ATP y otra de adenosin monofosfato (AMP). Ninguno de los mecanismos *post mortem* de formación de ATP son capaces de mantener los niveles de ATP más que un periodo limitado. La adenosin trifosfato es gradualmente degradada por varias ATP-asas, algunas derivadas de las proteínas contráctiles, pero la mayoría provienen de los sistemas de membranas. La actividad glicolítica finalmente cesa también debido a la desaparición de las reservas de glucógeno o, con más frecuencia, debido al descenso del pH que acompaña a la glicólisis desde aproximadamente 7.2 hasta aprox. 5.5.^{51,74}

El descenso del pH puede estar relacionado con la producción de lactato, aunque los iones hidrógeno generados provienen de la hidrólisis del ATP y no de la producción de lactato. Las enzimas responsables de la glicólisis se desnaturalizan progresivamente a medida que el pH se aproxima a 5.5 y al punto isoeléctrico de las proteínas. Al mismo tiempo, hechos como la desanimación del AMP eliminan cofactores esenciales para el sistema muscular.

Una consecuencia del cese de la glicólisis *post mortem* y el descenso de los niveles de ATP (y ADP) es el comienzo del *rigor mortis*. Esto ocurre cuando los niveles de ATP ya no son suficientes para permitir la separación de actina y miosina. En este punto la actina y la miosina interactúan para formar la actomiosina inextensible, mientras se desarrolla la rigidez debido a la tensión establecida por músculos contraídos. No todos los músculos se ponen rígidos, pero todos son inextensibles cuando el ATP desaparece. En contraste con la situación del músculo vivo, los niveles de ATP disminuyen efectivamente hasta cero y desaparece el efecto plastificante. En este momento la unión entre las cabezas de la miosina y el filamento delgado de actina es muy fuerte y los filamentos se aproximan. Esto da lugar a una mayor rigidez de los músculos.

La glicólisis *post mortem* tiene otros efectos, varios de ellos influyen sobre la calidad y las propiedades de la carne. La falta de energía impide que se puedan resintetizar las moléculas de proteína. Aquellas presentes comienzan a desnaturalizarse y son susceptibles al ataque de proteinasas endógenas, incluyendo las calpaínas y las catepsinas; esto conduce a la tenderización. Hay también una tendencia a la oxidación de los pigmentos de la carne y la consiguiente oxidación de las grasas, mientras hay un aumento de la concentración de precursores del sabor de la carne.^{51,75}

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

2.4 EQUILIBRIO FISIOLÓGICO INTERNO (HOMEOSTASIS)

La mayoría de los órganos corporales, incluido el músculo, únicamente funcionan eficientemente dentro de un rango de condiciones fisiológicamente (pH, temperatura, concentración de oxígeno y aporte de energía). La conservación de un ambiente interno fisiológicamente equilibrado se denomina *homeostasis*. Consiste en un sistema de controles y equilibrios que proporciona al organismo medios para enfrentarse a los agentes estresantes que tienden a deteriorar el ambiente interno. La regulación homeostática proporciona a un organismo la capacidad de sobrevivir bajo condiciones muy diferentes, y en ocasiones adversas, entre las que pueden incluirse grandes variaciones de temperatura, escasez de oxígeno y traumas.

Los mecanismos homeostáticos están presididos por el sistema nervioso y las glándulas endócrinas; estos dos sistemas sirven como mecanismos de comunicación y de iniciación que coordinan ciertos ajustes para el funcionamiento de los diversos órganos durante los períodos de estrés.

La homeostasis tiene un enorme interés durante la conversión del músculo en carne por dos razones:

- " Muchas de las reacciones y cambios que tienen lugar durante esta conversión son consecuencia directa de la homeostasia (intentos de conservar la vida) y,
- " las condiciones de período inmediatamente anterior al sacrificio pueden modificar los cambios musculares *postmortales* y afectar a la calidad de la carne.²⁴

TRABAJO CON
FALLA DE ORIGEN

CAPITULO III

TRANSFORMACIÓN DEL MÚSCULO EN CARNE

Gran número de cambios suceden después del sacrificio animal, ya que la musculatura no cesa bruscamente todas sus funciones vitales y se convierte de golpe en carne, por el contrario, durante el período de varias horas, o incluso días, suceden una serie de cambios físicos y químicos; al conjunto de tales cambios es a lo que se denomina conversión del músculo en carne. Cuando un animal muere o se sacrifica para carne, la vida física se extingue en muy poco tiempo y los procesos bioquímicos continúan en la carne.^{24,47}

Es importante primero indicar la diferencia entre los términos empleados:

3. 1 DIFERENCIA ENTRE MÚSCULO Y CARNE

El vocablo carne se refiere al músculo, especialmente al de los mamíferos, que han sufrido ciertos cambios químicos y bioquímicos después de la muerte, se reconoce que el término "músculo" es generalmente considerado más apropiado para el tejido funcional y el vocablo carne fresca para el tejido que ha sufrido los cambios químicos y físicos consecutivos a la muerte del animal, pero no se ha sometido a ningún proceso posterior mediante congelación, curado, ahumado, etc.^{18,28}

Carne: Es la estructura compuesta por fibras musculares estriadas, acompañadas o no de tejido conjuntivo elástico, grasa, fibras nerviosas, vasos linfáticos y sanguíneos, de las especies animales autorizadas para el consumo humano. La anterior definición se señala en la Norma NOM-009-ZOO-1994, Proceso sanitario de la carne.

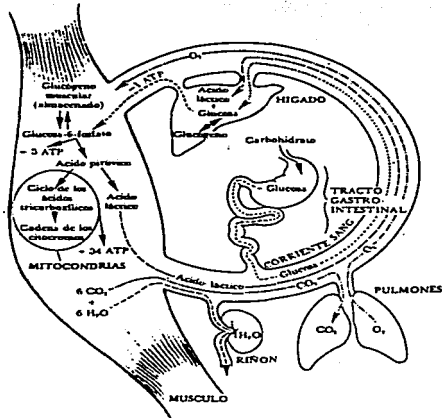
3. 2 FALLO CIRCULATORIO

La función del sistema circulatorio consiste en transportar los nutrientes esenciales para el músculo y en eliminar los productos de desecho, bien para su excreción o para ser ulteriormente metabolizados en otros órganos. El desangrado elimina esta unión entre el músculo y su ambiente externo. La figura 20 muestra un diagrama de la importancia del sistema circulatorio como línea principal de transporte entre el músculo y otros órganos.^{24,51}

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

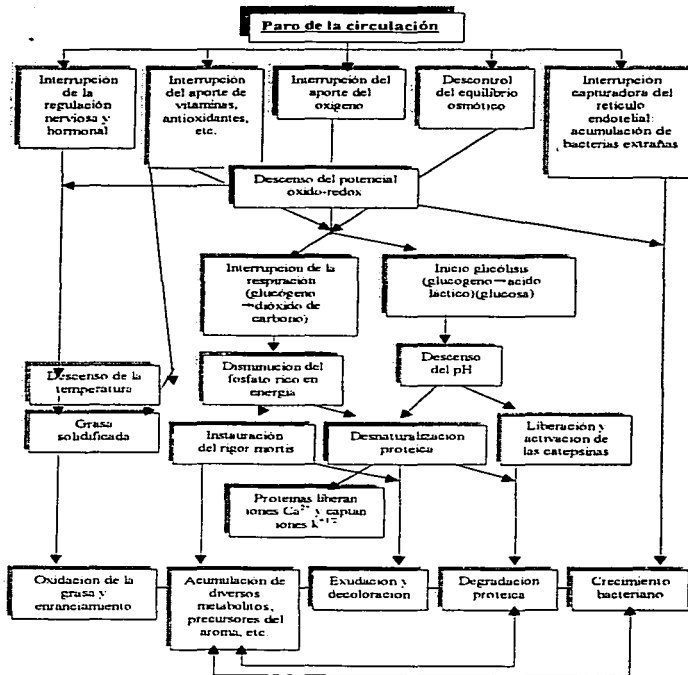
Los músculos almacenan solamente una pequeña cantidad de oxígeno unido al pigmento mioglobina. Cuando los animales están vivos, el oxígeno se absorbe en los pulmones, siendo transportados a las células corporales por la hemoglobina, el pigmento sanguíneo. La mioglobina muscular tiene una mayor atracción por el oxígeno que la hemoglobina, detalle que ayuda a la transferencia del oxígeno desde la sangre a las células musculares; la mioglobina proporciona un sistema de almacenamiento del oxígeno hasta que lo emplean las células para su metabolismo. En la figura 21 se observan las consecuencias del paro circulatorio en el tejido muscular. ²⁴⁻²⁵

Fig. 20. Diagrama donde resume la naturaleza cíclica de las reacciones que proporcionan energía para la contracción muscular.



Fuente: En: Forrest, J.C., et al. 1979. Fundamentos de Ciencia de la Carne. 1ª ed. Acribia. España.

Fig. 21 Consecuencias del paro de la circulación en el tejido muscular.

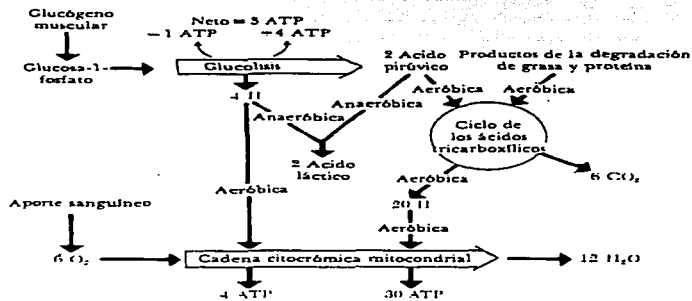


Larrie, R. A. 1998. Ciencia de la Carne. 3ª. ed. Acaribia, España.

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

El oxígeno almacenado en las fibras musculares es solamente suficiente para permitir las reacciones oxidativas durante un período de tiempo breve. Cuando disminuye como consecuencia del desagradado, cesa el funcionamiento de la ruta aeróbica mediante el ciclo del citrato y el sistema del citocromo. Se desplaza entonces la energía metabólica a la ruta anaeróbica de una forma muy similar a cuando no hay suficiente oxígeno para el músculo vivo durante los períodos de ejercicio intenso y deficiencia de oxígeno. Por lo tanto, se conserva un ambiente interno fisiológicamente equilibrado que permite al músculo disponer de otra fuente de energía. La figura 22 muestra que mediante la ruta anaeróbica se produce mucha menos energía en forma de ATP; sin embargo, el músculo dispone así de una fuente energética que mantendrá mucho tiempo la integridad estructural y la temperatura de las células.

Figura 22. Diagrama de las reacciones que proporcionan energía para la función muscular.



Fuente: En: Forrest, J.C., et al. 1979. Fundamentos de Ciencia de la Carne. 1ª ed. Acribia, España.

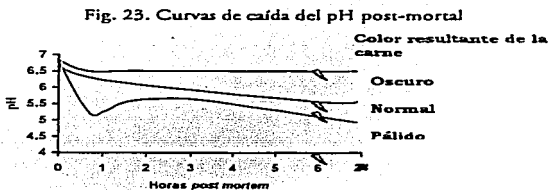
En el animal vivo el ácido láctico originado en el metabolismo anaeróbico es transportado desde el músculo al hígado, donde se utiliza para la síntesis de glucosa y de glucógeno. Ambos productos pueden revertir de nuevo al músculo para proporcionar energía cuando se dispone de nuevo de suficiente oxígeno. Ya que el animal degollado ya no dispone de sistema circulatorio, el ácido láctico permanece en el músculo, aumentando su concentración a medida que prosigue el metabolismo. Continúa acumulándose hasta que casi todo el glucógeno original almacenado en el músculo ha sido agotado o hasta que se alcanzan condiciones que retrasan o paran la glucólisis anaeróbica.^{19,21}

El acúmulo de ácido láctico determina un descenso del pH muscular. El pH de la carne dependerá en gran parte de la cantidad de glucógeno contenido en el músculo en el momento del desangrado.^{24,31}

3.3 pH *POST MORTEM*

Se define como pH el logaritmo negativo de la concentración de iones hidrógeno. A un pH de 6, por ejemplo, existen 10 veces más iones de hidrógeno que a un pH de 7.³²

El músculo del animal vivo tiene un pH cercano a 7 ó ligeramente superior. La caída normal del pH en la musculatura del cerdo se puede representar en la Fig. 3.4, por un descenso gradual desde un pH de, aproximadamente, 7 en el músculo vivo hasta 5.6 - 5.7, transcurridas 6-8 horas desde el sacrificio, para alcanzar un pH último (generalmente 24 horas después de la muerte) de aproximadamente 5.3 - 5.7.³³



Fuente: Modificaciones de Briskey, E.J., "Etiological status and Associated Studies of Pale, Soft Exudative Porcine Musculature". Adv Food Research 1964. En: Forrest, J.C., et al. 1979. Fundamentos de Ciencia de la Carne. 1ª ed. Acribia, España.

En algunos animales el pH sólo desciende unas pocas décimas durante la primera hora después del sacrificio, permaneciendo entonces estable con valores relativamente altos y finalmente un pH último que varía entre 6.5 y 6.8. En otros animales el pH desciende rápidamente hasta 5.4 - 5.5 en la primera hora después del desangrado; la carne de estos animales presenta un pH último que varía entre 5.3 y 5.6, y se sabe que:

- a) El descenso del pH se debe a la producción de ácido láctico en el músculo después de la muerte.
- b) La magnitud del descenso del pH varía de una especie a otra y de un músculo a otro en el mismo animal.
- c) En general, cuanto mayor es el descenso del pH, mejor es la calidad de conservación de la carne.
- d) La magnitud del descenso del pH depende de las reservas de glucógeno del músculo; el ácido láctico se forma vía la glucólisis, bajo las condiciones anaeróbicas del músculo como resultado del cese de la circulación sanguínea. Los animales bien alimentados y descansados, con grandes reservas de glucógeno, producen carne con pH más bajo que los animales fatigados en el momento del sacrificio.
- e) Asociado a este descenso de pH está la aparición del *rigor mortis*, en el cual los músculos de los animales sacrificados liberan actomiosina y pierden la extensibilidad que tienen en el animal vivo.
- f) El desarrollo total del *rigor mortis* normalmente tiene lugar entre una y doce horas después de la muerte, pero el momento de la presentación de este fenómeno del sacrificio depende del estado nutricional del animal, de la parte de la canal de que se trate; y la velocidad con que se lleva a cabo el *rigor* varía dependiendo en parte de las condiciones de enfriamiento.
- g) El fenómeno de *rigor mortis* se debe al agotamiento del ATP bajo las condiciones de glucólisis anaeróbica que prevalecen después de la muerte. Cuando se termina el ATP ya no es posible más transformación de glucógeno en ácido láctico aunque exista glucógeno residual en el músculo. El agotamiento del ATP es el punto final de la muerte del músculo. ⁴

TESIS CON
TABLA DE ORIGEN

El descenso del pH muscular a consecuencia de la acumulación de ácido láctico, es uno de los cambios *post mortales* más importantes que suceden en el músculo durante su conversión en carne. La velocidad con que desciende el pH, una vez que el animal ha sido desangrado, y el límite hasta el que desciende el pH son muy variables. ^{3, 7, 24, 28}

El acúmulo de ácido láctico en las primeras fases del período *postmortal* puede tener efecto negativo en la calidad de la carne. El desarrollo de condiciones ácidas (pH bajo) en el músculo, antes de que el calor corporal natural y el metabólico se hayan disipado durante la refrigeración de la canal, da lugar a la desnaturalización de las proteínas musculares. El grado de desnaturalización depende de la temperatura alcanzada y de lo que haya descendido el pH. La temperatura parece que juega una función clave en la desnaturalización, puesto que el músculo, una vez enfriado, puede alcanzar un pH relativamente bajo (5.2-5.4) sin que sea excesiva la desnaturalización.

La desnaturalización de las proteínas les hace perder capacidad de retención de agua e intensidad del color del pigmento muscular. Estos cambios son perjudiciales, si el músculo se emplea tanto como carne fresca, como si se destina a un procesado posterior.

Los músculos cuyo pH desciende mucho a mayor velocidad, son de color pálido y tienen muy baja capacidad de retención de agua, por lo que su superficie tiene un aspecto muy acuoso. [este tema se explica con más detalle en el capítulo V en los principales defectos de la carne]. Los músculos que conservan un pH alto durante su conversión en carne son de color muy oscuro y la superficie del corte es seca debido a que el agua, naturalmente presente en el músculo, está ligada frecuentemente a las proteínas, estabilizándolas.

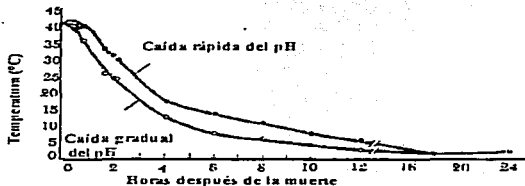
Las condiciones del sacrificio influyen en la calidad comestible de la carne resultante. ^{3, 7, 24, 28}

3.4 PÉRDIDA DE CONTROL DE TEMPERATURA

Como consecuencia del desangrado, el músculo pierde un importante mecanismo de control de la temperatura regulado por el sistema circulatorio. Ya no es posible utilizar los mecanismos regulares para su disipación. el calor de zonas orgánicas profundas; por lo tanto, después de la sangría, pronto sube la temperatura muscular. La temperatura dependerá de la velocidad de producción metabólica de calor y de su duración. La figura 24 muestra algunas

variaciones en la producción y disipación de calor señaladas en el músculo porcino como consecuencia de diferencias metabólicas.²⁴

Fig. 24. Curvas de caída de la temperatura corporal post-mortem



Fuente: Modificaciones de Briskey, E. J. y Wismer-Pederson, J. "Biochemistry of Pork muscle Structure" J. Food Sci. 1961.
En: Forrest, J.C., et al. 1979. Fundamentos de Ciencia de la Carne. 1ª ed. Acribia. España.

El tamaño y situación orgánica de un músculo, así como la cantidad de grasa que lo recubre aislándolo, influye en la última temperatura alcanzada y la velocidad de disipación del calor. Es importante remarcar que son los factores metabólicos que determinan que la temperatura se eleve en el periodo *postmortem* son también los que causan el descenso de pH. En consecuencia la desnaturalización es inevitable, salvo que se empleen determinados medios para eliminar artificialmente el calor de la musculatura.

La temperatura del entorno en la sala de matanza, la duración de las operaciones de carnización y la temperatura del frigorífico, tienen una marcada influencia en la velocidad de la pérdida de temperatura de la canal.²⁴

3. 5 RIGOR MORTIS

El *rigor mortis* es uno de los cambios *postmortales* más notables, que suceden durante la conversión del músculo en carne, siendo la rigidez o endurecimiento de los músculos después de la muerte y se refiere como el cambio de propiedades de la carne. El músculo después de algunas horas de la aparición de la rigidez aún es sensible a las excitaciones eléctricas, mecánicas y químicas.^{25,26}

La rigidez observada en el *rigor mortis* se debe a la formación de enlaces cruzados permanentes entre los filamentos de actina y de miosina del músculo. Es la misma reacción química que forma actomiosina en vida durante la contracción muscular.

La diferencia entre el estado vivo y el *rigor* es que en el último la relajación es imposible, ya que no se dispone de energía para escindir la actomiosina.

Para que el músculo se mantenga en estado de relajación se necesita ATP y Mg^{2+} (que forman un complejo). A medida que desciende el ATP del músculo comienzan a formarse enlaces permanentes. En ausencia de ATP la reacción es irreversible, aunque se ha comprobado que los músculos no permanecen rígidos indefinidamente. La "resolución" aparente del *rigor mortis* se debe, posiblemente a una degradación física de la estructura muscular. Existen pruebas que demuestran que esta degradación tiene lugar en el área de la línea Z del músculo.

La instauración del *rigor mortis* se acompaña de cambios físicos, tales como pérdida de elasticidad y extensibilidad, acortamiento y aumento de la tensión. La extensibilidad es uno de los cambios que más a menudo se utilizan para seguir el desarrollo de la rigidez cadavérica. En el periodo inmediato al desangrado, el músculo es totalmente extensible. Si se aplica una fuerza, se estira pasivamente y cuando tal fuerza se retira, la elasticidad natural del músculo le hace retornar a su longitud original. En estas condiciones existen pocos enlaces de actomiosina, si es que hay alguno, que prevengan la extensión del músculo por la fuerza aplicada. El periodo de tiempo durante el que el músculo es relativamente extensible y elástico se denomina *fase de latencia o de retardo del rigor mortis*.

Una vez que se han empobrecido los almacenes de glucógeno se aprovecha la creatinafosfato (CP) para la fosforilización del ADP a ATP. A medida que se van agotando los almacenes de CP la refosforilización del ADP es insuficiente para mantener el músculo en un estado de relajación; comienzan a formarse puentes de actomiosina y el músculo se extiende gradualmente menos bajo el influjo de la fuerza externamente aplicada. La fase de iniciación o presentación del *rigor mortis* comienza cuando el músculo empieza a perder extensibilidad y dura hasta la terminación del *rigor mortis*. Cuando ha desaparecido toda la creatinafosfato ya no puede formarse ATP a partir del ADP, el músculo se convierte en relativamente inextensible. Esto es señal de que se ha instaurado el *rigor mortis*.^{24, 25}

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

El *rigor mortis* se desarrolla a diferentes horas *post mortem* para cada especie, entre las 8 y 12 horas en el vacuno; entre las 2 y 6 horas en el cerdo; entre las 6 y 10 horas en el ovino y, entre 1 y 2 horas en aves. Por lo tanto, las carnes *pre-rigor* que se utilicen en la fabricación de embutidos deberían usarse antes de que transcurra una hora después del sacrificio, y a un pH de 6 o mayor.

24, 38

Se ha demostrado científicamente que la rigidez cadavérica está influenciada sensiblemente, entre otros, por los siguientes factores; se sabe que tales variaciones están relacionadas con las propiedades *postmortales* del músculo que tiene interés en su empleo como carne:

- a. Por la especie del animal: aparece más precozmente en los equinos que en los bovinos;
- b. Por la edad: es precoz en los recién nacidos, más tardía en los adultos;
- c. Estado de nutrición de los animales y condiciones en las que se ha realizado el sacrificio: dura más en los animales bien nutridos y regularmente sacrificados en condiciones normales;
- d. Condiciones fisiológicas en las cuales se encuentra el animal en el momento de la muerte: aparece precozmente en los animales fatigados o maltratados;
- e. Por la temperatura de conservación de las carnes: aparece normalmente entre las 2 y 10 horas si las carnes se mantienen a temperatura comprendida entre los 5° y los 20°; entre las 12 y 24 horas a temperatura inferior a los 5° o superior a los 20°C; después de las 24-48 horas a temperatura de 0°C, alcanzando el máximo incluso después de 70 horas.

Un *rigor mortis* anormal puede ocurrir produciendo, generalmente, carne de inferior calidad. El cerdo PSE (pálido, suave y exudativo) y en el vacuno DFD (oscuro, firme y seco) son ejemplos de un *rigor mortis* anormal. Estos defectos se verán detenidamente en el capítulo V - Calidad de la carne.

Ya que el enlace de actomiosina formado durante el desarrollo del *rigor mortis* es el mismo que el originado durante la contracción muscular, la rigidez cadavérica puede considerarse como una contracción muscular irreversible. Durante el desarrollo del *rigor mortis* los músculos se acortan a medida que se forjan enlaces permanentes y como resultado aparece una tensión en el interior del músculo que contribuye a su rigidez. El acortamiento de la rigidez difiere de una

contracción normal en que se forman más enlaces cruzados. Durante una contracción normal sólo se originan enlaces en aproximadamente, el 20% de los posibles sitios de unión, mientras que en el *rigor mortis* se utilizan casi todos los sitios de unión del área de imbricación o solapamiento de los filamentos de actina y miosina.²⁴

3.6 RELACIÓN ENTRE CAÍDA DEL pH Y APARICIÓN DEL *RIGOR MORTIS*

La caída de pH y la aparición de *rigor mortis* son dos aspectos importantes que están relacionados debido a que ambos afectan el metabolismo energético, concretamente al metabolismo del glucógeno. La carne que experimenta los cambios del pH que se indican en las curvas superior e inferior de la figura 23, sufrirá un rápido desarrollo del *rigor mortis*. En la carne cuyo pH desciende, de acuerdo con la curva superior, la iniciación e instauración del *rigor mortis* será muy rápida debido a que el aporte energético inicial es limitado. Cuando la caída del pH sigue el curso de la curva inferior, la iniciación e instauración del *rigor* será también rápida, o porque el aporte energético es rápidamente metabolizado, o porque las condiciones de gran acidez (pH bajo) inhiben importantes reacciones químicas del metabolismo energético. La curva intermedia de descenso de pH se asocia a un desarrollo de *rigor mortis* más lento que cualquiera de los dos citados.^{21,24}

3.7 PÉRDIDA DE HOMEOSTASIS

En el transcurso *post mortem* se pierde la conservación del ambiente interno fisiológicamente equilibrado. Cuando los metabolitos almacenados en el músculo van desapareciendo, comienza a descender la temperatura debido a que no existen mecanismos que la mantengan en su nivel original. El control ejercido por el sistema nervioso central se pierde entre los 4 y 6 minutos después del desangrado. Pueden aparecer impulsos nerviosos incontrolados bastante tiempo después del desangrado, que determinan que los músculos sufren una especie de contracción. La posibilidad de que estos impulsos locales afecten al metabolismo *postmortal* se apoya en que los músculos que tienen fases de latencia y de iniciación rápidas no responden a la estimulación eléctrica externa durante tanto tiempo como los músculos que han seguido la curva normal de caída del pH de la figura 22.²⁴

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

3.7.1 Pérdida Estructural

Durante el desarrollo del *rigor mortu*, la estructura muscular tiene una apariencia microscópica muy similar a la del músculo vivo. Sin embargo, es indudable que después del degüello se inician algunos cambios degradativos, tales como alteración de las propiedades de la membrana. La desintegración de la estructura de la línea Z, después de instaurado el *rigor mortu*, comienza en algunas ocasiones pronto y, puede ser la responsable de la pérdida de la rigidez muscular.

Microfotografías electrónicas tomadas después del sacrificio a intervalos de tiempo crecientes, muestran una disrupción progresiva de la estructura miofibrilar. Este cambio degradativo se verifica a velocidades diferentes en los distintos animales y puede asociarse a diferencias cualitativas del músculo considerado como alimento.²⁴

3.8 DESNATURALIZACIÓN DE PROTEÍNAS

La estructura de las proteínas que caracteriza al tejido contráctil, sólo puede mantenerse frente a la tendencia espontánea de los átomos y moléculas componentes de la desorganización caótica mediante la provisión de energía (ATP). Tras la muerte no se dispone de dicha energía y por ello las proteínas tienden a desnaturalizarse. La desnaturalización se define como la desorganización física o intramolecular sin hidrólisis de enlaces químicos entre los aminoácidos de las cadenas peptídicas de las proteínas (Putnam, 1953). Suele ir acompañada de un aumento de la reactividad de diversos grupos químicos, una pérdida de actividad biológica (en proteínas como enzimas y hormonas), un cambio de forma y tamaño molecular así como de una disminución de la solubilidad. Las proteínas se desnaturalizan si se someten, durante el acondicionamiento *post-mortem*, a niveles pH inferiores a los que tienen *in vivo*, a temperaturas superiores a 25°C o inferiores a 0°C, a la desecación y a concentraciones salinas no fisiológicas.

Generalmente se admite que, las proteínas del músculo, el colágeno y la elastina del tejido conectivo no se desnaturalizan durante el acondicionamiento.^{11,25}

Durante el acondicionamiento *post-mortem* se desnaturalizan en grado variable las proteínas del sarcoplasma y de las miofibrillas. Inmediatamente después de la muerte y antes de la

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

aparición del *rigor mortis*, los músculos son flexibles y tiernos si se cocinan, y con la aparición del *rigor mortis*, como ya se ha dicho, el músculo se hace inextensible y duro al cocinarse.

Cuando una carne se calienta, las proteínas miofibrilares se endurecen y pierden parte de la humedad que contienen. Mientras más agua se haya ligado a las proteínas miofibrilares antes del calentamiento, más agua habrá de permanecer ligada después del tratamiento térmico. Si antes del calentamiento la Capacidad de Retención de Agua (CRA) de las proteínas miofibrilares es baja, el producto obtenido después del tratamiento térmico será muy firme. " "

3.9 DEGRADACIÓN ENZIMÁTICA

Las células musculares presentan *lisosomas* que contienen en estado inactivo enzimas denominados *catepsinas*. A medida que el pH del músculo desciende se liberan enzimas que comienzan a degradar la estructura proteica. La liberación de catepsinas puede ser la responsable de una parte, al menos, de los cambios estructurales *postmortales* observados.

El ablandamiento que tiene lugar durante la maduración o envejecimiento de la carne de vacuno, se debe, en parte, a la degradación de algunos de los tejidos conectivos de colágeno del músculo, bajo la acción de las catepsinas. Las proteínas musculares, además de sufrir la acción de las enzimas proteolíticas citadas, están sometidas a desnaturalización. También los tejidos conectivos de colágeno se desnaturalizan a consecuencia de un descenso rápido del pH muscular. Por ejemplo los tejidos conectivos que rodean el costado del cerdo se degradan hasta un punto tal que el músculo no permanece firmemente unido a la estructura esquelética. No se pretende excluir la posibilidad de que muchos de los cambios atribuidos a la desnaturalización proteica se deban también a la degradación enzimática, dado que una caída rápida del pH favorece la pronta liberación de las catepsinas. " "

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

CAPITULO IV

PROPIEDADES DE LA CARNE

Las propiedades de la carne fresca son factores que contribuyen a la calidad de la carne, estas determinan su utilidad para el comerciante, su atracción para el consumidor y su adaptabilidad para procesos posteriores. Primordialmente sus características sensoriales (color, estructura, firmeza y textura) y funcionales (capacidad de retención de agua, capacidad de gelificación y de emulsión), son resultado de diferentes factores extrínsecos como el manejo *ante* y *post mortem* revisados en capítulos previos, que van a afectar a los aspectos intrínsecos como la composición química de la carne y que condicionan características sensoriales y propiedades funcionales que son las más importantes; sin embargo depende de los diferentes gustos y preferencias.

4.1 COMPOSICIÓN QUÍMICA

El principal componente de la carne es el músculo, el estudio de su composición indica que los tres componentes principales son el agua, la proteína y la grasa, así como, hidratos de carbono y componentes inorgánicos (Ver tabla 10).^{34,42}

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Tabla 10. Composición aproximada del músculo esquelético de mamíferos
(% del peso en fresco).

	%		%
AGUA (65-80)	75.0	SUSTANCIAS NITROGENADAS NO PROTEICAS	1.5
PROTEINA (6-22)	18.5		
Miofibrilar	9.5	Creatina y creatin-fosfato	0.5
miosina	5.0	Nucleótidos (Adenosintrifosfato, ATP), (adenosindifosfato, ADP, etc.)	0.3
actina	2.0		
tropomiosina	0.8	Aminoácidos libres	0.3
troponina	0.8	Péptidos (anserina, carnosina, etc.)	0.3
proteína M	0.4	Otras sustancias no proteicas (creatinina, urea, inosinmonofosfato (IMP), nicotin-adenin-dinucleótido (NAD), nicotinadenin- dinucleótido fosfato (NADP))	0.1
proteína C	0.2		
actinina- α	0.2		
actinina- β	1.0		
Sarcoplásmicas	6.0	CARBOHIDRATOS Y OTRAS SUSTANCIAS NO NITROGENADAS (0.5-1.5)	1.0
enzimas solubles	5.5		
sarcoplásmicas y mitocondriales			
mioglobina	0.3	Glucógeno (0.5 a 1.3)	0.8
hemoglobina	0.1	Glucosa	0.1
citocromos y flavoproteínas	0.1	Intermediarios y productos del metabolismo celular (Hexosa y triosa-fosfatos, ácidos láctico, cítrico, fumárico, succínico, acetoacético, etc.)	0.1
Del estroma	3.0		
colágeno y reticulina	1.5		
elastina	0.1	COMPONENTES INORGANICOS	1.0
otras proteínas insolubles	1.4	Potasio	0.3
LIPIDOS (1.5-13.0)	3.0	Fósforo total (fosfatos, fósforo inorgánico)	0.2
Lípidos neutros (0.5- 1.5)	1.0	Azufre (incluido sulfato)	0.2
Fosfolípidos	1.0	Cloro	0.1
Cerebrósidos	0.5	Sodio	0.1
Colesterol	0.5	Otros (Incluidos Mg, Ca, Fe, Co, Cu, Zn, Ni, Mn, etc.)	0.1

En: Forren, J.C., et al. 1979. Fundamentos de Ciencia de la Carne. 1ª ed. Acribis. España.

El músculo contiene un promedio de 75% de su peso de agua (varía del 65 al 80%). El agua es el componente principal de los líquidos extracelulares y en ella se encuentran disueltos o suspendidos numerosos componentes químicos; por ello sirve como medio de transporte de materiales entre el lecho vascular y las fibras nerviosas. Constituye el disolvente fundamental, reguladora del mecanismo muscular en el animal vivo y el medio en el cual tienen lugar los cambios químicos después de la muerte.

La pérdida de agua puede ser perjudicial en cuanto a rendimientos, pero es necesaria en el caso de productos cárnicos deshidratados²⁸

El tejido graso contiene alrededor de 5 a 8% de humedad. Obviamente las carnes con alto contenido graso tienen menor proporción de proteína y agua que la magra.^{19,24,42,54}

Las proteínas constituyen del 16 al 22% de la masa muscular y son el componente principal de la materia sólida. Estas se clasifican atendiendo fundamentalmente a su solubilidad en: *sarcoplásmicas*, *miofibrilares* y del *estroma*.^{27,36,83}

Las fibras musculares (o miofibrillas) son el componente de mayor tamaño y el más abundante del músculo. Están conformadas por las proteínas contráctiles (miofibrilares), están presentes en el interior de las células musculares. Las proteínas miofibrilares son las asociadas con los filamentos gruesos y delgados; comprenden la actina, miosina, tropomiosina, troponina, actinina α y β , proteína C y proteínas M. Estas proteínas son solubles en soluciones salinas concentradas, e insolubles en ausencia de sal; son necesarias para estabilizar las emulsiones en la elaboración de embutidos.

Las *proteínas sarcoplásmicas*, constituyen la masa fluida que baña a las miofibrillas, proporcionándoles energía y capacidad de sintetizar proteína y haciendo posible la eliminación de ciertos desechos metabólicos. Las proteínas sarcoplásmicas se encuentran en el fluido que se desprende de la carne durante el proceso de descongelación. La gran variedad de proteínas sarcoplásmicas en el músculo están presentes en pequeñísimas cantidades.^{2,19,26,29,42,52,54}

Las *proteínas del tejido conjuntivo* o del estroma transmiten al esqueleto el movimiento que genera la contracción de las proteínas miofibrilares. En virtud de ello, son muy duras y resistentes. Dentro de este grupo, la proteína predominante es el colágeno, que también se encuentra en la piel, los ligamentos y tendones.^{2, 19, 20, 24, 42, 43, 44}

El contenido lipídico de los músculos es muy variable, aproximadamente del 1.5 al 13%, dependiendo de la raza, la edad, la alimentación, tipo de músculo, etc. Se compone básicamente de lípidos neutros (triglicéridos) y fosfolípidos. Aunque en las fibras musculares se encuentran algunos lípidos intracelulares, la mayoría se localizan en los depósitos de tejido adiposo asociado a los septos del tejido conectivo laxo, que se encuentran entre los haces musculares. Y se le conoce a este depósito de grasa como *veteado*, *marmorización* o *grasa intramuscular*.

Los ácidos grasos normalmente presentes en el tejido animal se diferencian por su longitud de cadena (de 12 a 20 átomos de carbono), y por su grado de saturación. Cuando dos átomos de carbono están unidos por un enlace simple, se dice que se trata de una ligadura saturada. Una doble ligadura que une dos átomos de carbono es un enlace no saturado. La combinación de diferentes longitudes de cadena y la presencia de enlaces no saturados a mayor o menor grado en la molécula confieren diferentes características fisicoquímicas, tales como la temperatura de fusión. El punto de fusión de una grasa es directamente proporcional a la longitud de cadena e inversamente proporcional al número de enlaces no saturados de la molécula. Aquellas grasas que contienen enlaces no saturados en abundancia suelen ser líquidas a temperatura ambiente, y difieren de las grasas duras en lo que respecta a su vida útil y comportamiento al emulsionarse.^{24, 44}

La *grasa* de cerdo es más susceptible a oxidarse que la de vacuno u ovino, en virtud de que aquella contiene una mayor cantidad de ácidos grasos no saturados que éstas. La oxidación ocurre en el punto donde se encuentran las dobles ligaduras, llegándose a fragmentar la cadena en el proceso, y formándose compuestos tales como los aldehídos, las cetonas y ácidos de cadena corta.

Los metales aceleran el desarrollo de la rancidez. Por ello no deben usarse teguas duras en el procesamiento de carnes. El sodio presente en la sal común promueve la oxidación de los ácidos grasos y por tanto la rancidez. Por lo anterior la vida útil de productos tales como la salchicha fresca es muy limitada aún bajo congelación. Para prolongar la vida útil de la salchicha de cerdo, es común recurrir a los antioxidantes que retardan la oxidación de los ácidos grasos.^{24, 42}

Estos compuestos imparten aromas y sabores que en conjunto, constituyen la denominada rancidez. Esta rancidez se desarrolla espontáneamente. Las temperaturas bajas tienden a retardar, pero no a detener la oxidación, por lo que una grasa refrigerada se enranciará más rápidamente que una congelada. Es difícil encontrar rancidez en carnes refrigeradas debido a que la descomposición bacteriana precede al proceso oxidativo. En el caso de carnes congeladas, las condiciones térmicas inhiben la acción bacteriana casi en su totalidad, deteniendo la descomposición, pero las reacciones de oxidación son inhibidas y ocurren de manera muy lenta.

El contenido de hidratos de carbono del tejido muscular es muy pequeño; el glucógeno, que es el carbohidrato del músculo más importante, supone aproximadamente de 1.5 al 1.3% del peso del músculo. Los restantes carbohidratos constituyen los mucopolisacáridos asociados a los tejidos conectivos, la glucosa, otros mono, o disacáridos y los intermediarios del metabolismo glucolítico.

Finalmente, el músculo contiene numerosos componentes inorgánicos entre los que sobresalen algunos cationes y aniones de importancia fisiológica, como calcio, magnesio, potasio, sodio, hierro, fósforo, azufre y cloro. ^{24, 47}

4.2 PROPIEDADES FUNCIONALES DE LAS PROTEÍNAS MIOFIBRILARES

Brekke (1981), resalta la importancia de alimentos procesados de origen cárnico porque representan una porción significativa en el consumo total de proteínas y reconoce la importancia de las propiedades funcionales de las proteínas que determinan la calidad, composición y conformación de las propiedades físicas del músculo.

Las propiedades funcionales de las proteínas desempeñan un papel importante en tecnología de alimentos, para procesos de fabricación de una extensa gama de productos cárnicos de elevada calidad, tanto sensorial como nutritiva. Entre ellas se citan las capacidades de hidratación y ligazón de agua, emulsión de grasa, de gelificación, de formación de espuma, de cohesión, etc. Las propiedades funcionales difieren según el origen de la proteína, y han sido las bases del desarrollo de la industria cárnica actual; entre las más importantes resaltan la capacidad de retención de agua, de gelificación y de emulsión. ^{2, 11, 15, 21}

4.2.1. Capacidad de retención de agua.

Capacidad de retención de agua (CRA).- es la capacidad que tiene la carne para retener el agua, tanto propia como añadida, cuando se le somete a un tratamiento o fuerza exterior.

La CRA es una propiedad de importancia decisiva en la calidad de la carne, tanto para la destinada al consumo directo (en fresco) como la destinada a la industrialización. Donde la ternera, jugosidad y el color son características relacionadas con esta propiedad.

Se podría decir que todos los procedimientos tecnológicos de fabricación de productos cárnicos se basan en esta propiedad.

Las proteínas miofibrilares son las principales responsables de la CRA, hasta de un 75%, y de que ésta no se separe durante las operaciones de corte o picado.

Se considera que el 70% del contenido de agua está ubicado en los espacios existentes entre los filamentos gruesos y delgados de la miofibrilla, del resto, el 20% en el sarcoplasma y el 10% en el tejido conjuntivo y espacios extracelulares.

La cantidad de agua inmovilizada dentro del tejido muscular depende de la organización espacial de las proteínas de miofibrilares, es decir, de la disposición de los filamentos de actina y miosina. El entramado proteico está constituido por una red tridimensional de filamentos delgados y gruesos dentro de la unidad de la fibra muscular.

Para incrementar la CRA de las proteínas miofibrilares, es necesario aumentar el espacio que ocupan dichas proteínas. Para entender esta situación, es necesario considerar el tema de las propiedades iónicas de las proteínas, pH y punto isoeléctrico. ^{21, 24, 31}

Las proteínas miofibrilares son tridimensionales. Tienen cargas positivas y negativas a todo lo largo de su estructura. Estas cargas actúan como imanes en el sentido que cargas iguales se repelen, y cargas opuestas se atraen. Si el número de cargas negativas presentes en la proteína aumenta, las proteínas crecerán en vista de que una carga negativa repele a otra igual. El punto isoeléctrico (PI) de la proteína ocurre cuando el número de cargas negativas es igual al de cargas positivas, o sea cuando la carga neta es igual a cero. En la carne, el punto isoeléctrico ocurre a un pH de 5.4, aproximadamente. A ese valor de pH, la carga neta es cero y las proteínas se contraen, ocupando un espacio menor, y exhibiendo una CRA muy pequeña. El incrementar el volumen de la proteína aumenta la CRA. Si el pH de la carne se eleva más allá de un valor de 5.4 (un

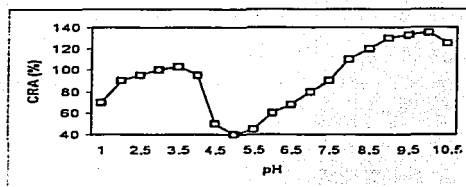
incremento en la carga negativa neta), las cargas se repelan mutuamente. El volumen proteico aumentará y la CRA será mayor. Después de un desarrollo de rigor mortis normal, la carne tiene un pH cercano a 5.4, y por tanto, tiene una CRA muy baja. Si el pH de la carne aumenta y el punto isoeléctrico de la proteína disminuye, la CRA aumentará dramáticamente. Esto ocurre cuando se sala la carne. Al disolverse, el cloruro de sodio se separa en iones Na^+ y Cl^- . El Na^+ no afecta mayormente el volumen de la proteína, pero el Cl^- aumenta la carga negativa neta. También la presencia de sal desplaza el punto isoeléctrico de la proteína miofibrilar a un pH aproximadamente de 4.5, a la vez que aumenta el pH de la carne. El resultado de salar la carne es un incremento significativo en el volumen proteico y en la CRA. Para alcanzar la máxima CRA, se recomienda salar a un nivel de 5%.^{21, 24, 25}

En el caso de productos fermentados deshidratados, por el contrario, no es recomendable incrementar la CRA, aún cuando se añade sal. Por tanto, la sal se añade al final de todo, a fin de evitar contacto entre el cloruro sódico y las proteínas miofibrilares. Por otra parte, la acción bacteriana habrá de producir ácido láctico a fin de acercar el pH de la carne al punto isoeléctrico de las proteínas miofibrilares, produciendo así una deshidratación relativamente fácil.^{11, 15, 21, 26}

A. Influencia del pH.

La influencia del pH sobre la CRA de la carne se expone en la Figura 25, donde se puede comprobar la variación que experimenta la CRA de la carne ajustada a diversos valores de pH. En ella se observa una CRA mínima a un pH de alrededor de 5.0, el cual coincide con el PI de las proteínas miofibrilares. El mínimo de la CRA es consecuencia de la pérdida de atracción eléctrica de los dipolos o moléculas de agua y de la falta de espacio entre las proteínas miofibrilares. Al elevar el pH aumentan las cargas negativas, las moléculas de proteínas se repelen entre sí y la matriz proteica se ensancha. Al mismo tiempo se incrementa la fuerza de atracción eléctrica de los dipolos de agua, lo cual ocasiona una elevación de la CRA.²¹

Fig. 25 Influencia del pH sobre la CRA.



Fuente: Hamm, R. 1975. Water holding capacity of meat. En *Meat*, Ed. D.J.A. Cole y R.A. Lawrie. Butterworths, London.

B. Cambios *post-mortem*

El músculo inmediatamente después del sacrificio, posee una elevada CRA la cual disminuye progresivamente hasta alcanzar un mínimo cuando se establece la rigidez cadavérica. Posteriormente, durante el almacenamiento de la carne, se produce el fenómeno denominado maduración, en el que la CRA experimenta un moderado incremento.

Estos fenómenos pueden explicarse así; en el músculo *pre-rigor* la matriz proteica miofibrilar se encuentra extendida y los filamentos de actina y miosina se deslizan libremente entre sí, gracias a la presencia de ATP. En este momento al ser la carga eléctrica de la proteínas elevada (pH del músculo próximo a 7.0) y la longitud del sarcómero grande, el músculo posee una elevada CRA.^{21, 22}

Durante los cambios químicos *post-mortem*, se origina un descenso del pH como consecuencia de la formación de ácido láctico, cuyos valores se aproximan al del PI de las proteínas miofibrilares en el proceso denominado glucólisis anaerobia. Al mismo tiempo se inicia la degradación del ATP que conduce a una pérdida de la extensibilidad muscular por formación del complejo acromiosina, que origina acortamiento del sarcómero. Estos fenómenos alcanzan su máximo cuando se establece la rigidez cadavérica y coinciden con el mínimo de CRA de la carne.

El incremento que ésta experimenta, durante el proceso de maduración se debe al aumento de pH y a la degradación enzimática de la estructura miofibrilar.

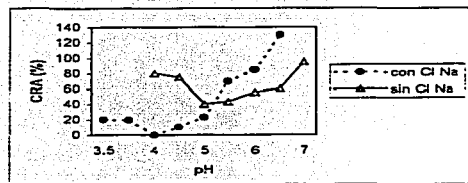
Cuando las reservas de glucógeno se han agotado en el músculo *ante-mortem*, por agotamiento físico del animal, la carne mantiene un pH elevado, del orden de 6.5 y es de color oscuro, textura firme y apariencia seca (DFD) debido a su elevada CRA. Cuando las reservas de glucógeno se degradan aceleradamente, después del sacrificio se produce un descenso brusco del pH hasta valores del orden 5.1-5.3, en un tiempo de aproximadamente una hora, lo cual llega en ocasiones a una parcial desnaturalización de las proteínas miofibrilares con la consiguiente pérdida de su CRA. En este caso la carne tiene un color pálido, textura blanda y exudación intensa (PSE). ^{18, 21, 25, 41, 55}

C. Cloruro sódico y fosfatos.

La influencia de las sales es un ejemplo típico de la importancia de la carga eléctrica de las proteínas en la CRA de la carne. La figura 26 demuestra que el efecto del NaCl sobre la CRA depende del pH de la carne. A valores de pH por encima del PI, el NaCl incrementa notablemente la CRA, mientras que a valores inferiores sucede todo lo contrario. Parece ser que juegan un papel importante los iones Cl⁻, al ejercer una interacción más fuerte con las proteínas que los iones Na⁺. Según Hamm (1982), los iones Cl⁻, por encima del PI debilitan las uniones entre los grupos de signo contrario de las cadenas proteicas y llegan a interaccionar con los grupos cargados positivamente. Esto lleva consigo un aumento de la carga eléctrica negativa de las moléculas que se repelen entre sí, relajándose la estructura proteica y aumentando la CRA. A valores de pH por debajo del PI, los iones Cl⁻ neutralizan las cargas positivas de las proteínas de manera que, al disminuir la repulsión entre ellas, se produce una contracción de la estructura proteica que origina una pérdida de la CRA. ^{18, 21, 25, 40, 41, 52, 55}

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Fig. 26 Efecto del NaCl sobre la relación entre el pH y la CRA



Fuente: Hamm, R. 1975. Water-holding capacity of meat. En *Meat*. Ed. D.J.A. Cole y R.A. Lawrie. Butterworths, London.

La adición de monofosfatos y polifosfatos a la carne con bajos valores de pH produce un cambio de ionización en las proteínas miofibrilares y de su PI, lo cual quiere decir que los fosfatos reducen la CRA de la carne en un intervalo de pH ácido por debajo del PI. En la industria cárnica, los fosfatos se utilizan en combinación con el NaCl, cuya presencia imparte al sistema propiedades electroquímicas y coloidales diferentes. En la fabricación de productos cárnicos cocidos, las fibras musculares pueden quedar intactas, como un sistema de captación de agua limitado por la membrana celular o sarcolema, como en el caso del jamón cocido, o bien puede quedar como un sistema miofibrilar desintegrado a causa de la destrucción del sarcolema, con lo que se libera el complejo de actomiosina (embutidos de las pastas finas). ^{10, 21, 27, 40, 41, 47, 48}

4.2.2 Capacidad de gelificación

La formación de geles es una propiedad funcional importante de algunas proteínas. Un gel se puede definir como un sistema semisólido de alta viscosidad, que se forma como consecuencia de la asociación de cadenas de polímeros dispersos en solución, dando lugar a una red tridimensional que inmoviliza el agua del sistema e impide su flujo cuando se aplica fuerza externa (presión, centrifugación, etc.) Los geles se asemejan a los sólidos en cuanto a que mantienen su forma bajo la presión de su propio peso, pero se diferencian en que las sustancias

solubles, de la fase líquida, puede difundirse a través de los mismos, con la misma velocidad de un disolvente puro. ^{15, 23}

El proceso de gelificación de las proteínas comprende dos etapas, una inicial de desnaturalización, que se entiende por la modificación de la conformación de la proteína, y otra de asociación gradual de los polipéptidos para formar la red o matriz responsable de la estructura del gel. Las moléculas proteicas implicadas en la formación del gel suelen estar constituidas por cadenas ramificadas.

La fuerza o estabilidad de un gel depende de las uniones entre las moléculas proteicas, tales como puentes de hidrógeno y enlaces disulfuro y también de sus interacciones hidrofóbicas y electrostáticas. La viscosidad, plasticidad y elasticidad de los geles son propiedades que se encuentran condicionadas por la naturaleza y cuantía de los enlaces intermoleculares y por la interacción con los solventes.

Algunos de los factores que afectan la gelificación, son: pH, temperatura y diversidad de sales que aceleran o retardan en función de las características de sus iones.

Los geles se pueden clasificar en cuanto a su comportamiento frente a la acción del calor, en reversibles e irreversibles. Los reversibles se licúan por la acción del calor y vuelven a gelificar al enfriarse. Y un ejemplo típico es el gel de agar-agar. Los geles irreversibles, como su nombre lo indica, no se afectan por la acción del calor. Los geles obtenidos mediante tratamiento térmico de las proteínas miofibrilares son irreversibles, perdiendo la capacidad de gelificar cuando se calientan. ^{11, 19, 22, 28, 31}

A. Geles de proteínas cárnicas

Entre los geles típicos de proteínas se encuentran los formados mediante tratamiento térmico de las proteínas miofibrilares de la carne. La capacidad de gelificación de estas proteínas es una propiedad funcional muy importante para la elaboración de productos cárnicos, en las condiciones normales de proceso. ^{15, 23}

La miosina tiene una importante función en la formación de geles. En la carne, las proteínas miofibrilares se encuentran, en gran proporción, formando el complejo actomiosina. Este complejo está disuelto por la acción de los fosfatos y tratamiento mecánico (masaje o cúter).

en los procesos de fabricación, y después de la cocción forma un gel firme que puede englobar 300 a 700 veces su peso en agua. En los embutidos curados la textura característica se alcanza como consecuencia de las proteínas cárnicas.^{15,23}

B. Factores que afectan la capacidad de formación de geles y su estabilidad

La temperatura, pH y las sales (NaCl KCl) afectan al grado de unión de las proteínas, ya que modifican su estructura cuaternaria o la distribución de la carga de las moléculas de los polímeros, con lo que se altera la naturaleza y estructura del gel. Algunos estudios confirman la eficacia de la actina en la formación de geles de miosina. Se observa que cuando la concentración de miosina es mucho mayor que la de actina, la dependencia de la rigidez frente al pH sigue la misma pauta que la de la miosina sola, y que cuando la relación miosina-actina disminuye, los valores máximos de rigidez de los geles se obtienen para valores de pH inferiores a 6.

Respecto de la influencia de las sales (Cloruro de potasio, KCl y cloruro de sodio, NaCl), la capacidad de gelificación de soluciones de miosina alcanza valores máximos de rigidez del gel. En productos cárnicos, el porcentaje de uso de NaCl oscila entre 2-3%.

Finalmente, en un sistema cárnico, se encuentran componentes como sal y carbohidratos y, frecuentemente, parte de sus proteínas se suelen sustituir por otras de origen no cárnico. En estos sistemas, la sal, principalmente, puede ejercer un efecto importante no sólo sobre las proteínas cárnicas, sino también sobre las que se incorporen.^{24,26}

4.2.3 Capacidad de emulsión

El término "emulsión" se define como una dispersión microscópica de dos líquidos no miscibles, como el aceite y el agua. Uno de ellos constituye la fase discontinua que se encuentra dispersa en forma de microglóbulos, en el segundo líquido o fase continua. Generalmente se distinguen dos tipos de emulsiones: "Aceite en agua", que consiste en una dispersión de finas gotas de aceite en una fase acuosa continua y "Agua en aceite", formada por pequeñas gotas de agua dispersas en aceite.^{11,25}

En una emulsión se pueden producir una serie de fenómenos que la modifican e incluso la destruyen como son: desplazamiento de los microglóbulos de la fase discontinua, bien hacia la

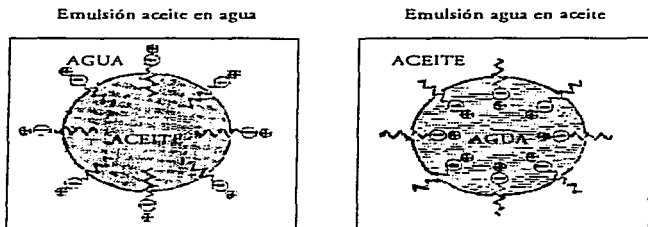
superficie o bien hacia el fondo, según su densidad; floculación por aglomeración de partículas; coalescencia por unión o fusión de partículas que aumentan de tamaño y disminuyen en número y cambio de emulsión o inversión de fase por pasar del tipo aceite en agua al agua en aceite o viceversa.

La velocidad de separación depende, esencialmente, del diámetro de las partículas dispersas y de la viscosidad, de manera que, reduciendo el diámetro de los microglóbulos dispersos y aumentando la viscosidad del sistema, se consigue una mayor estabilidad de la emulsión.^{11,22}

A. Emulsiones cárnicas

Los productos cárnicos elaborados en forma de pasta fina se consideran emulsiones de tipo aceite en agua, en las que las proteínas actúan como agentes emulsificantes. Las proteínas contienen grupos eléctricamente neutros que por su carácter lipófilo se orientan hacia las moléculas de grasas y grupos cargados negativamente o hidrófilos que tienen afinidad por las moléculas de agua. Cuando se forma una emulsión, la grasa se encuentra dispersa en pequeñas gotas que se rodean de una película proteica cuyos grupos negativos se orientan hacia la fase exterior o continúa, repeliéndose unos a otros y proporcionando estabilidad a la emulsión (Ver figura 27).²²

Fig. 27 Tipos de emulsiones



Al observar en un microscopio, durante la preparación de las pastas finas en la máquina cortadora o "cutter", permite conocer como se va formando una fase discontinua de glóbulos de grasa y una matriz de naturaleza proteica, cuya estabilidad gobierna la de la emulsión cárnica. La hidratación de las proteínas influye sobre la estabilidad de a emulsión porque forma una matriz, cohesiva y viscosa, en la cual se engloban e inmovilizan las partículas de grasa. ²²

La matriz protectora, película proteica que rodea a los glóbulos de grasa, puede ser delgada y de poca consistencia o bien compactada y gruesa, dependiendo de las concentración de las proteínas, pero las propiedades mecánicas, elasticidad y viscosidad, están mas directamente relacionadas con las características de las proteínas y con la capacidad de asociarse mediante interacciones secundarias, puentes de hidrógeno, fuerzas de van der Waals, puentes disulfuro, etc. (Kinsella, 1984). En la formación se destacan tres propiedades de las proteínas que son consecuencia de tres fenómenos fisicoquímicos (Acton, et al, 1983): interacción agua- proteína, asociación lípido- proteína y agregación proteína- proteína. Estas propiedades son las responsables de la capacidad de retención de agua, de emulsión de grasa y de la gelificación, que tanta importancia tiene en la elaboración y características de las pastas finas.

En una emulsión cárnica, la matriz protectora está formada por proteínas miofibrilares, sarcoplásmicas y del estroma.

Cuando se produce el *rigor mortis*, la carne se vuelve dura e inextensible como consecuencia de la unión de miosina y actina para formar el complejo actomiosina, aquí la facilidad para la extracción de las proteínas y la CRA son mínimas. Posteriormente se produce el fenómeno denominado maduración, durante el cual a pesar de que la actomiosina no se desnaturaliza en sus componentes, la carne se vuelve otra vez flexible, debido al aumento de pH a la degradación enzimática de la estructura miofibrilar. ^{1, 2, 3, 4, 5, 6, 7}

La carne que normalmente se usa en las emulsiones cárnicas se encuentra en estado *post-rigor*, en el cual las proteínas miosina y actina están formando el complejo actomiosina. A este respecto, Hamm (1982) considera que la utilización de carne caliente, en estado *pre-rigor*, es particularmente aconsejable para la producción de emulsiones cárnicas. Está tiene mayor capacidad de retención de agua y mejores propiedades emulsionantes que la carne en los estados de *rigor* y *post-rigor*. No obstante, el músculo *pre-rigor* se encuentra en un estado altamente

inestable, porque su metabolismo continúa, en condiciones anaerobias y originando la contracción en las fibras musculares y el establecimiento del *rigor* con la consiguiente pérdida de la CRA y capacidad de emulsión de sus proteínas miofibrilares. La adición de sal a valores de pH más altos que el PI de las proteínas miofibrilares origina un fuerte incremento de la capacidad de retención de agua del músculo (Hamm 1975), a causa de los iones salinos ligados incrementan la repulsión electrostática entre las moléculas de proteínas adyacentes, lo cual, al producir una alteración del entramado proteico, permite un incremento en la inmovilización de agua.

Son importantes las condiciones de molienda en la "cutter" y de todos los factores que consigan que la acto-miosina alcance su mayor grado de hinchamiento. La velocidad de las cuchillas y el tiempo de trabajo deben permitir la destrucción parcial de la fibra muscular, de manera que se logre la formación de una matriz proteica pero sin llegar a originar desnaturalización o alterar las propiedades funcionales de las proteínas. Un aumento de la temperatura por arriba de los 5-8 °C. durante la preparación de la pasta cárnica puede producir efectos adversos a la estabilidad de la emulsión (Helmer y Saffle, 1963; Piza y Pedrielli, 1977).¹¹

¹¹ 40, 41, 42, 62

La calidad, concentración de proteínas y la relación proteína-grasa son factores que afectan la capacidad y estabilidad de las emulsiones. Las proteínas solubles, principalmente las miofibrilares forman una película fina alrededor de los glóbulos de grasa de manera que cuando se someten a tratamiento térmico de cocción, coagulan y producen una red o malla proteica, muy consistente, que retiene la grasa y el agua. En cambio las proteínas insolubles, del estroma, influyen negativamente en la estabilidad de la emulsión debido a que, con el tratamiento térmico, se contraen y posteriormente se transforman en gelatina, dejando a las gotas de grasa libres y originando roturas de emulsión o depósitos de grasa (Piza y Pedrielli, 1977; Pearson y Tauber, 1984). La concentración de proteínas está directamente relacionada con la capacidad de emulsión.^{61, 62}

En cuanto a la influencia de la adición de grasa sobre las emulsiones cárnicas, varios autores coinciden en que al aumentar la capacidad de emulsión, hasta alcanzar un máximo, a partir del cual se invierte la relación (Swift, et al., 1961; Carpenter y Saffle, 1964).^{12, 72}

Otro factor que ejerce influencia sobre la estabilidad de emulsión es el agua o hielo añadidos. En la pasta de carne no se puede alcanzar un hinchamiento óptimo si la concentración de agua no es suficientemente alta; y por otro lado, un exceso de adición durante la mezcla provoca una reducción de la CRA.

En la formulación de las pastas finas se incluyen, ingredientes y aditivos que tienen como función potenciar las propiedades funcionales de las proteínas miofibrilares en cuanto a capacidad de emulsión y CRA. Estos productos pueden actuar:

- Directamente sobre las proteínas miofibrilares (NaCl y Fosfatos): provocando un aumento de la viscosidad y, por lo tanto, mejorando la estabilidad de la emulsión (polisacáridos); o bien ayudando a la emulsión de las grasas (caseinatos, derivados de soya).

El NaCl facilita la solubilización de las proteínas miofibrilares y, por ello aumenta la capacidad de emulsión. Es un hecho comprobado que la influencia del NaCl y otras sales depende en gran medida del pH del medio (Hamm, 1975). Se observa que con valores de pH comprendidos entre 5 y 7, al aumentar la concentración de NaCl también se incrementa la capacidad de emulsión. A un pH superior a 7 o inferior a 5, la capacidad de emulsión no varía sensiblemente al aumentar la concentración de NaCl (Swift y Sulzbacher, 1963). ^{16, 17, 22, 24, 26, 73}

Otras sales utilizadas en la industria cárnica son los fosfatos y su acción se fundamenta en diversos factores: variación de pH, fuerza iónica, capacidad secuestrante y su interacción con las proteínas.

Los polisacáridos también contribuyen a estabilizar las emulsiones debido a su elevada capacidad de absorción y retención de agua, e interacción con la fase lipídica, donde destacan los almidones, carragenatos, gomas, etc. ^{16, 17, 22, 24, 26, 73}

CAPITULO V

CALIDAD DE LA CARNE

El término de calidad se define como el conjunto de cualidades de un objeto.

Actualmente la calidad es demandada por todo cliente y consumidor que busca lo mejor para producir, ofrecer y consumir.

Es importante indicar que en la cadena productiva se es cliente y proveedor al mismo tiempo por lo que una comercialización satisfactoria requiere de una apreciación y evaluación de la calidad desde todos los puntos.

- El productor ganadero es el proveedor pero a su vez consume carne o embutidos.
- El obrador o rastro es cliente del ganadero y proveedor de los centros de distribución de la carne. En esta etapa las condiciones de compra de ganado son: animal en buen estado de salud, que camine, su gordura.
- Los procesadores como empacadoras o tiendas de autoservicio, o empresas transformadoras son clientes del rastro y proveedores del consumidor final. El pH, el color, temperatura, condiciones de higiene, son parámetros para la compra de carne de las empacadoras para ser clientes de los rastros o distribuidores.

En el caso de la carne, se definen como parámetros de calidad comestible: el color, CRA y algunos olores detectados tanto antes como después del cocinado, la jugosidad, textura, blandura. Siendo los tres principales determinantes de calidad de la carne a nivel consumidor: color, jugosidad y dureza (terneza) y el sabor es habitualmente en sentido negativo solo cuando aparecen sabores desagradables. Se coincide en que el color es el factor más importante con respecto a la selección inicial, al igual que reconocen dos defectos específicos: la carne exudativa, blanda y pálida (PSE) y carne seca, firme y oscura (DFD).^{24, 51, 59, 74, 81}

Es el consumidor la etapa final, y las preferencias de este varían por tradición, valor nutritivo, variedad, capacidad de saciar el apetito y costumbre social o religiosa, entre algunas razones. Se ha convertido en hábito que la carne constituya el plato fuerte de la mayoría de las

comidas. La intensidad de la satisfacción que deriva del consumo de la carne depende de respuestas psicológicas y sensoriales que son singulares para cada individuo.

El estudio de factores como apariencia, precio, aroma durante el cocinado, facilidad de preparación, porción comestible, blandura, jugosidad, aroma y valor nutritivo aceptado, gobiernan la reacción total de un individuo mediante la *escala hedónica* (gustar o no gustar).^{24, 41, 44, 74, 81}

Algunos experimentos de Canadá (Jeremiah L.E. 1994) realizan estudios para conocer la preferencia de los consumidores por la carne Normal, PSE y DFD, seleccionando estratégicamente tiendas donde los consumidores fueran de varias edades, y grupos sociales. Exhibiendo mayor preferencia por el corte de apariencia DFD, sin embargo existen grupos que prefieren el corte PSE y la Normal.⁴⁵

5.1 PROBLEMAS DE CALIDAD EN EL SACRIFICIO.

Para prevenir los problemas de calidad y evitar pérdidas en el manejo antemortem y posteriores, se evita el estrés en el animal, cuidando al igual se manejo después de la muerte como en:

- La inmovilización. Mediante el mecanismo de pistón cautivo; resaltando que la falta de puntería en esta actividad provoca daños serios a los animales, con el sufrimiento del animal.
- La elevación del animal. El animal inmovilizado se eleva mediante el uso de un mecanismo que tira una cadena que se anuda en una pata trasera. Si el movimiento del mecanismo es muy brusco, el fémur se disloca de la pelvis, causando una hemorragia muy profusa e infiltración en el músculo que más adelante causará pérdidas de carne.
- Desangrado. Si el tiempo entre la inmovilización es muy largo, el aumento de la presión arterial y la falta de control sobre el latido cardíaco causa derrames sanguíneos en algunos músculos de la canal y aparecerán como sangre salpicada en los músculos dorsales. Por otro lado, la precisión al realizar el corte debe ser controlada. Si el corte es insuficiente, se cortarán los vasos venosos y no los arteriales; en contraste, si el corte es muy profundo, se dañará el corazón. Ambos problemas causan una exsanguinación incompleta.⁸²

- El ligado y separación del  sfago. Si el  sfago no se liga, el líquido contamina la canal y su calidad microbiológica se compromete. No obstante, la operación del ligado y separación del  sfago no es sencilla.
- Ligado del recto. Limita el riesgo de contaminación fecal de la canal y es otro paso de calidad.
- Eliminación de la piel. El exterior de la canal esta contaminado y el objetivo es mantener la canal lo más limpia que se pueda, la continua limpieza e higienización de los cuchillos de corte reduce los riesgos microbiológicos .
- Evisceración. Debe realizarse con sumo cuidado, sin derrames.
- Corte longitudinal. Una desviación en el corte longitudinal puede repercutir en el valor del producto, representando una pérdida. Otro factor a considerar es la eliminación de partículas de hueso que se forma por el uso de sierra, mismas que representan un riesgo físico que debe controlarse.
- Lavado de la canal. Realizarse con agua fría a presión comenzando de la parte alta, eliminando residuos de suciedad, sangre, pelo y contaminación fecal, entre otras. ²⁶

5. 2 CARACTERÍSTICAS SENSORIALES

Estas características son percibidas de forma inmediata por nuestros sentidos, y pueden ser afectadas por el manejo de la materia prima y todos los procesos que conlleva la transformación para elaborar subproductos.

5.2.1. Color

El color de la carne fresca ejerce una gran influencia en el consumidor en la compra. La mayoría de los consumidores tienen una idea propia del aspecto de la carne de una especie de abasto dada y cualquier desviación de tal color determinará el rechazo o discriminación de la carne en cuestión. Podr  asociar un color más oscuro de lo normal con sequedad de la carne, con la dureza o incluso con la presencia de aromas extraños. ^{26, 27, 28}

El color, como lo detecta el ojo, es el resultado de una combinación de diversos factores. Los factores que más contribuyen al color de la carne son los pigmentos que absorben ciertas

longitudes de onda de la luz y reflejan otras. Sin embargo, otros factores influyen y modifican la forma en que el color se percibe visualmente. El color de la carne es la impresión total que el ojo recibe y está influenciada por las condiciones de la visión. Hay también diferencias marcadas en las percepciones del color entre los distintos individuos. La estructura y la textura de los músculos implicados también influyen la reflexión y absorción de la luz.^{24,25}

El color puede ser afectado irreversiblemente en todos los pasos de esta cadena, desde la selección de los animales a reproducir, el manejo antes del sacrificio, el clima, el noqueo y la exanguinación; así como las variables durante el enfriamiento; la fabricación, el tiempo de refrigeración, la temperatura antes del empaque, la distribución y el mercadeo del producto, incluyendo la luz y otras condiciones en el mostrador. El manejo estricto y las decisiones correctas de la gerencia pueden mejorar la estabilidad del color de la carne (vida del producto) y reducir las devoluciones y los rechazos del consumidor. Es importante entender ciertos factores para reducir las pérdidas por deterioro del color.

La estabilidad del color de la carne fresca implica que la duración es aceptable, el color es atractivo y el producto se vende, sin embargo este periodo es muy corto. La decoloración en la superficie es inevitable y se interpreta como un indicador de insalubridad, a pesar de que usualmente el color se deteriora antes de que ocurra la descomposición microbiana. La decoloración de la carne se define como la divergencia en el color ideal definido por el consumidor y algo menos deseable, como ejemplo el color cereza a café.

La estrategia para maximizar el color aceptable y la vida de anaquel, debe implicar el retraso en la oxidación del pigmento y/o en propiciar la reducción del pigmento oxidado (cambio químico de Fe³⁺ a Fe²⁺).²⁶

Los pigmentos de la carne están formados en su mayor parte por dos proteínas, la *hemoglobina*, que es el pigmento sanguíneo y la *mioglobina*, pigmento muscular. En el tejido muscular bien desangrado la mioglobina constituye el 80-90% del pigmento total y es mucho más abundante que la hemoglobina. En la carne pueden encontrarse otros factores, como la catalasa y los citocromo-enzimas, pero su contribución al color es mucho menor.^{27,28}

Los dos pigmentos principales tienen una estructura similar, salvo que la molécula de mioglobina es una cuarta parte menor que la de hemoglobina. La mioglobina está formada por una porción proteica, denominada *globina*, (proteína globular) y de una porción no proteica denominada *anillo o grupo hemo*. El grupo *hemo* del pigmento tiene un especial interés debido a que el color de la carne depende, en parte, del estado químico del hierro (estado de oxidación) dentro del núcleo o anillo hemo.

La cantidad de mioglobina en los animales varía con la especie, edad, sexo, músculo de que se trate y actividad física, ello explica la gran variabilidad del color de la carne. Las diferencias en las distintas especies resultan al comparar el color pálido de la carne de cerdo con el color rojo brillante de la de bóvidos. Los músculos pálidos de las canales de terneras muestran que la musculatura de los animales inmaduros posee un menor contenido en hemoglobina que la de los animales maduros. Los machos enteros poseen músculos que poseen más mioglobina que las hembras o que los castrados de la misma edad. A consecuencia de sus diferentes contenidos en mioglobina los músculos pálidos de la pechuga de las gallinas contrastan fuertemente con el oscuro de los músculos de la pierna y del músculo. Las piezas de caza tienen músculos más oscuros que los de los animales domésticos, debido en parte al efecto que su mayor actividad física ejerce en su contenido en mioglobina. En general, los bóvidos y óvidos tienen más mioglobina que los cerdos, peces y aves.

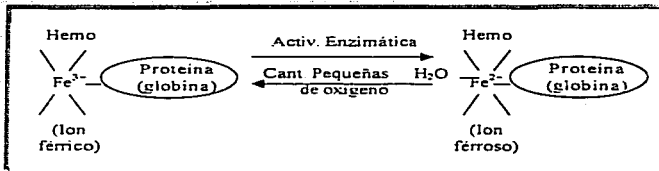
Las diferencias en contenido de mioglobina de músculo a músculo (variaciones entre las distintas especies) se deben al tipo de fibras musculares presentes. Aquellos músculos que presentan proporciones relativamente altas (30-40% de fibras rojas) presentan un color rojo más oscuro. Sin embargo, cuando se observan histológicamente estas fibras, ricas en mioglobina, se ve que están mezcladas con fibras blancas fácilmente distinguibles. Por lo tanto, el color oscuro del músculo corrientemente es sólo una consecuencia de la frecuencia relativamente alta de fibras rojas.

Química del pigmento de la carne

La reacción de los pigmentos con cualquiera de una serie de productos puede determinar modificaciones en el color de la carne. Sin embargo, la capacidad del pigmento para combinarse con (o ligar) una molécula, depende de que el hierro del anillo hemo se encuentre en el estado

químico apropiado. La figura 28 muestra dos estados químicos de la mioglobina de acuerdo con la valencia del hierro del anillo hemo. Cuando el hierro está *oxidado* (en estado férrico) se combina fácilmente con el agua (como en la carne sin despiezar), o con el oxígeno (como en la carne expuesta al aire). La clave para conservar la capacidad de reaccionar del pigmento con otras moléculas estriba en mantener en el tejido muscular condiciones reductoras. Ello es conveniente ya que el oxígeno molecular reacciona con el hierro reducido de la mioglobina, reacción que proporciona el deseable color rojo de la carne fresca.^{8, 24, 47, 50}

Fig. 28 Estado de oxidación (valencia) el átomo central de hierro del grupo hemo de la mioglobina bajo diferentes condiciones.



Forrest, J.C., et al 1979. Fundamentos de Ciencia de la Carne. Acribia, España.

En la carne se presentan naturalmente condiciones reductoras como consecuencia de la actividad enzimática normal (la denominada *cadena transportadora de electrones*) que tiene lugar continuamente. Estos enzimas utilizan todo el oxígeno disponible en el interior de los músculos: en consecuencia, el pigmento de la carne sin despiezar se encuentra en forma reducida y únicamente posee agua con la que reaccionar. El pigmento presenta color púrpura y se denomina mioglobina reducida.^{8, 24, 47, 50}

A consecuencia del despiece, picado y exposición al aire, los pigmentos de la carne sufren cambios en su color debido a su reacción con el oxígeno. Si solo existen pequeñas cantidades de oxígeno, como en un paquete con vacío parcial o semipermeable-cerrado, el hierro del pigmento se oxida (Figura 28) y cambia a un color marrón. El pigmento en este estado oxidado se

denomina *metamioglobina*. La formación de este color constituye un serio problema en la venta de la carne, porque la mayoría de los consumidores lo asocian con el período de almacenamiento demasiado largo, a pesar de que puede formarse en pocos minutos. Es especialmente molesto porque la carne permanece marrón indefinidamente o en tanto que se expone al aire. Únicamente eliminando el oxígeno y creando condiciones reductoras puede recuperar el color deseable.

El prevenir la formación de metamioglobina constituye una necesidad importante para la venta de carne fresca. Durante las diversas fases del procesado de las carnes también puede cambiar su color a consecuencia de la formación de metamioglobina. Cuando se permite que un corte de carne permanezca en contacto con superficies planas, tales como paneles o tablas, el aporte de oxígeno puede descender hasta un nivel que favorezca el desarrollo del color marrón. En otros casos, la carne debe envolverse en un papel que solo permita el paso a la superficie de la carne de pequeñas cantidades de oxígeno.

Cuando se deja que la carne contacte completamente con el aire los pigmentos reducidos reaccionarán con el oxígeno molecular y formarán un pigmento relativamente estable denominado *oximioglobina*. Este pigmento es el responsable del color rojo brillante que los consumidores esperan de la carne fresca. La oximioglobina se forma a los 30-45 minutos de exposición al aire. Este brillante color rojo se conoce como *flor* ("bloom"). En esta reacción la mioglobina (púrpura) se *oxigena* (se le adiciona oxígeno atmosférico o molecular). La metamioglobina (marrón) es la forma *oxidada* del pigmento (el estado químico del ión hierro ha cambiado). Bajo condiciones atmosféricas la oximioglobina (pigmento *oxigenado*) es estable y no se oxida fácilmente a metamioglobina.

La formación de oximioglobina ocurre espontáneamente cuando la carne se expone al aire, pero su estabilidad depende de un aporte continuo de oxígeno, ya que las enzimas implicadas en el metabolismo oxidativo de los tejidos consumen rápidamente el oxígeno disponible. Dado que los gases del aire difunden hacia el interior, se establece un gradiente de oxígeno (y consecuentemente un gradiente de color) desde la superficie hacia el interior del músculo. El color rojo brillante de la superficie depende de la disponibilidad de oxígeno en las capas tisulares superficiales. 4-25-47-86

Los músculos difieren en sus velocidades de actividad enzimática que a su vez regulan la cantidad de oxígeno disponible en las capas más externas de los tejidos. A medida que el pH y la temperatura de los tejidos aumentan, la actividad de las enzimas crece y el contenido de oxígeno se reduce. En consecuencia, el mantener la temperatura de la carne que se vende en fresco, próxima al punto de congelación, minimiza la velocidad de la actividad enzimática y de la utilización del oxígeno, y ayuda a mantener el máximo tiempo posible el rojo brillante de la carne.

Para la carne fresca se han ideado materiales de envasado, que proporcionan una abundante cantidad de oxígeno en la superficie muscular. Se dispone de películas claras que tienen altas permeabilidades al oxígeno y escasa permeabilidad acuosa. El celofán, el cloruro de polivinilo (PVC) y el polietileno proporcionan el coeficiente de transmisión de oxígeno necesario para la conservación del color rojo de la carne. Otro estudio de Keeton J.T., et al., (1998) evalúa los envases al vacío de carne de res en fresco revestido con acetil monoglicerido que permite mantener un color de la grasa aceptable. ^{4, 24, 47, 50}

Se considera en la carne de cerdo que el color del tejido magro no debe ser ni muy p ldido ni muy oscuro. La coloración anormal o el desarrollo de un color extraño se presenta en la carne de diversas formas, algunas de las cuales no guardan relación con las reacciones químicas normales de los pigmentos. La carne fresca generalmente mantiene su color atractivo 72 horas aproximadamente, si se cumple con materiales de envasado correctos, una adecuada higiene, el empleo de temperaturas bajas estables (0 C o ligeramente inferior). Los defectos de carne PSE y DFD ligados al color se verán este mismo capítulo más adelante.

Algunos otros factores que afectan la decoloración de la carne son:

- Diferencias en animales vivos. Los cerdos difieren mucho entre ellos, dependiendo de su susceptibilidad al estrés, puesto que el descenso rápido del pH, asociado con los resultados de glicólisis rápida *post mortem*, resulta en un músculo más susceptible a la oxidación PSE.
- Efectos en la nutrición y edad. Dietas no comunes, como las que tienen grandes cantidades de grasas no saturadas y bajas en vitamina E y selenio, causan la oxidación del músculo. La suplementación con vitamina E en las dietas de cerdos y bovinos mejora la estabilidad del color en la carne. Ya se mencionó que el color oscurece a medida que el animal envejece. ^{4, 24, 47, 50, 51}

- **Diferencias entre músculos.** La estabilidad del color de la carne, al igual que el potencial óxido- reducción de la mioglobina, está altamente relacionada con el tipo de músculo. Los músculos con la estabilidad de color más pobre tienen la actividad oxidativa más alta y consumen un alto nivel de oxígeno. Por otra parte el tipo de fibra muscular es muy importante, también las fibras musculares blancas tienen predominantemente un metabolismo anaeróbico, son más susceptibles a la condición PSE; los músculos *longissimus*, *semimembranosus*, *biceps femoris* y *gluteus* son ejemplos típicos. Las fibras musculares rojas son aeróbicas, menos susceptibles al PSE.
- **Manejo *post mortem* y enfriamiento de la canal.** El pH y las diferencias asociadas al color de la carne magra podrían producirse experimentalmente al transporte bajo condiciones de cierta fatiga antes del sacrificio o incluso existe la posibilidad de que animales de naturaleza altamente excitable produzcan carnes oscuras sin someterse a fatiga artificial. Se ha reportado que la estimulación eléctrica no tiene efecto en el músculo *longissimus dorsi*, pero disminuye la estabilidad en el color del *semimembranosus*, especialmente en las áreas más profundas y enfriadas lentamente.
- **Raza, hormonas.** La implantación de hormonas no afecta el color de la carne magra, sino más bien tiene un efecto indirecto de excitar más al animal. Las diferencias en el color muscular atribuibles a la raza están bien establecidas en cerdos; y en ganado bovino está menos claro. Se indica que los efectos de raza que se han hallado, son debidos a las diferencias en el contenido de la grasa intramuscular más bien que al color del músculo *per se*.^{24, 25, 26, 27}

5.2.2 Textura y estructura

Estas propiedades se evalúan generalmente mediante los sentidos de la vista, tacto y gusto. La atracción de la carne depende del grado de separación entre sus músculos, el estado de rigidez, las propiedades asociadas a la retención de agua, la grasa intramuscular, el tejido conectivo y el tamaño de los haces. Algunos de estos factores han sido estudiados al referirse a la CRA, color y a los cambios postmortales.^{24, 25, 26}

5.2.3 Defectos PSE y DFD

Las diferencias en el patrón y el límite de la caída de pH producen dos condiciones de calidad extremas: PSE y DFD. La carne PSE se caracteriza por un pH inicial bajo, y la DFD un

pH final alto. Las diferencias de pH influyen en el encogimiento de la estructura de los filamentos, afecta el índice de refracción y por tanto la cantidad de luz reflejada por la carne. Cuando ocurre un esparcimiento de luz alto, la cantidad de luz absorbida es baja y se reduce la importancia de los pigmentos hemo de absorber selectivamente la luz verde. El PSE hace que la carne de cerdo tenga una apariencia menos roja y más amarilla y el cerdo DFD la hace más púrpura.⁴²

PSE

En la carne de cerdo PSE, el pH del músculo baja rápidamente, alcanzando el pH un valor de 5.6 a una hora del sacrificio. Durante el lapso, hay una acumulación rápida de ácido láctico que resulta en un pH bajo y, más grave aún, en la desnaturalización de las proteínas miofibrilares, que pierden su capacidad de retener humedad. Por esto, se observa la exudación superficial de líquido, la carne se suaviza debido a la pérdida de agua, y la superficie presenta un aspecto pálido, casi blanco. Dado que las proteínas miofibrilares son las más valiosas, y en virtud de que estas proteínas quedan desnaturalizadas en el cerdo PSE, la carne de este último es de calidad muy pobre para la fabricación de embutidos. La excepción a lo anterior es la manufactura de productos fermentados en los que se busca una deshidratación rápida.

El exudado asociado con la CRA pobre, afecta la apariencia de la carne en el sistema de empaquetado modernos donde el escurrimiento tiende a acumularse en lugar de drenarse. El exudado produce pérdida de peso y reduce la percepción de jugosidad después del cocimiento.

Las consecuencias para los componentes de las proteínas en acidificación de los músculos en *post mortem* son: pH cercano al punto isoelectrónico, se desnaturalizan e insolubilizan parcialmente y producen reducción en la CRA del músculo, los componentes miofibrilares se encogen, el fluido es expulsado y el espacio extracelular aumenta el volumen. Al corte del músculo, el fluido es expulsado y esto produce el exudado de la carne PSE.

Esta carne de este tipo tiene un sabor pobre y menos jugosa y su sabor es deficiente después de cocinarla. Las causas que producen una carne PSE entre otras son:

- Genética
- Sacrificio con estrés
- Fluctuaciones de temperatura.

El estrés se puede prevenir con las recomendaciones de capítulos anteriores. ^{16-33, 39, 61, 64, 74}

DFD

La carne de vacuno DFD se obtiene cuando la caída del pH durante el *rigor mortis* es muy leve, disminuyendo de un valor de 7.0 a 6.5 en virtud de acumularse poco ácido láctico. Este pH tan alto permite que las proteínas miofibrilares mantengan una elevada y tenaz capacidad de retención de humedad. Así la superficie de la carne se hace oscura y seca. Las proteínas miofibrilares retienen el agua con tal tenacidad que la carne se vuelve muy firme. El tener una carne DFD es ideal para la manufactura de embutidos. Cabe aclarar que una vez molida o picada, la carne pierde su color oscuro. Por su elevada humedad y alto pH, la carne DFD es muy propensa a la descomposición bacteriana, y por lo tanto deberá manejarse con muchísimo cuidado para evitar deterioros en la calidad.

Algunos de los factores que contribuyen al corte oscuro son:

- Fluctuación de la temperatura rápidamente
- Factores genéticos
- Manejo brusco
- Los toros producen más cortes oscuros que las vacas, vaquillas o novillos.

Bartos L. (1993) considera que el mejor método práctico para prevenir los cortes oscuros en la carne comienza desde el correcto manejo desde la carga hasta el matadero, evitar la mezcla de razas, así como prevenir el estrés.

Corte oscuro.- Un pH alto conduce a una actividad mayor de las enzimas citocrom ticas, y como las proteínas del músculo se encuentran por encima de su punto isoeléctrico, el agua se halla confinada estrechamente, causando el empaquetamiento de las fibras musculares. Estos dos factores impiden la introducción del oxígeno en la carne; como consecuencia el color de la mioglobina rojo púrpura predomina al de la oxihemoglobina rojo brillante.

Coloración anormal: En cuanto al color la carne PSE es en parte, más que una consecuencia del estado químico del pigmento, el resultado de una cantidad exagerada de agua ligada en los músculos y de su influencia en la reflexión de la luz. La palidez de la carne de cerdo

con PSE se cree que se debe a la gran proporción de agua libre de los tejidos, combinada con el defecto directo del bajo pH en los pigmentos. El agua libre del músculo PSE posiblemente influencia el color aunque se localiza entre las células musculares y no en su interior. Los tejidos que contienen una gran cantidad de agua extracelular tienen muchas superficies reflectantes (que reflejan totalmente la luz), pero sólo poseen una limitada capacidad de absorción luminosa; por lo tanto, la intensidad del color se reduce mucho. El color pálido de los pigmentos del músculo PSE también puede aparecer o bien por una posible desnaturalización, durante el período *postmortal* inicial, o bien por un efecto directo del bajo pH en las propiedades reflectantes de la luz de los pigmentos.

La gran capacidad de ligar agua de la carne oscura al corte mantiene una proporción enorme de agua *intracelular*, por ello las reflexiones intracelulares de luz blanca se minimizan. Además aumenta la absorción del color. Por otro lado, debido a su alto pH, la carne de corte oscuro también dispone de enzimas que utilizan el oxígeno rápidamente, lo que reduce la proporción del pigmento rojo en estado oxigenado (oximioglobina).

La alteración del color de la carne puede ser consecuencia de la destrucción de la mioglobina por el desarrollo bacteriano. En este caso los microorganismos emplean como nutriente el pigmento, cuyo anillo hemo se separa de la proteína (globina) desarrollando un color verde, producido por contaminación bacteriana. ^{26, 27}

5.2.4. Sabor y aroma

Las respuestas psicológicas y fisiológicas experimentadas al comer carne son consecuencia del sabor y aroma del producto. El sabor y aroma a carne estimula la liberación de saliva y jugo gástrico ayudando así al proceso digestivo. Los componentes de la carne responsables del sabor y del aroma no han sido totalmente identificados. Es posible que muchos componentes del tejido una vez calentados se conviertan en agentes del sabor.

El sabor y aroma de la carne pueden cambiar como consecuencia de ciertos factores. La duración y las condiciones de almacenamiento tienen una importancia especial: tras largos períodos de almacenamiento se presentan cambios en el sabor debidos a la degradación química de ciertos componentes, a la pérdida de sustancias volátiles, a la oxidación de ciertos compuestos y al crecimiento microbiano. ^{28, 29, 30}

Algunos de los cambios de sabor que ocurren durante el almacenamiento se consideran como deseables y otros perjudiciales. La maduración o (envejecimiento) de la carne determina una serie de cambios que son muy apreciados por muchos consumidores, incluyen la producción de algunos componentes del aroma por los microorganismos y muy especialmente por las levaduras o mohos.

En el almacenamiento pueden desarrollarse sabores desagradables debidos a cambios oxidativos de la grasa. La *rancidez* de la grasa tiene lugar cuando se rompen las cadenas de los ácidos grasos en los puntos de insaturación (dobles enlaces) por adición química de oxígeno. La formación de carbonilos, especialmente aldehídos volátiles de bajo peso molecular, es la responsable directa del gusto a rancio y del aroma pungente.

Los productos finales del crecimiento microbiano, si se encuentran en grandes cantidades pueden ocasionar sabores repugnantes.

Algunos sabores repugnantes: se citan los originados cuando los animales antes del sacrificio consumen hierbas tales como ajo silvestre, y algunos sabores absorbidos por los productos cárnicos que se han almacenado con otros productos volátiles. La grasa puede ser también determinante para el sabor y aroma como el caso del olor de la carne de cerdo de un macho adulto.

Pero es importante reconocer que los sabores molestos para un consumidor pueden ser agradables y apreciados por otro. La variación en preferencias individuales de los consumidores de carne no recomienda la formulación de normas universales de sabor para la carne. ^{1, 2, 4, 5}

Nishimura T. et al, 1998: examinan aromas de diferentes carnes durante su almacenamiento concluyendo que para carne de puerco y de pollo la cantidad de aminoácidos libres y oligopeptidos contribuyen al mejoramiento del aroma durante el almacenamiento y en el caso de carne de res son bajas después del acondicionamiento.

Al realizar un análisis de diferentes aromas de alimentos, a diferentes personas de diversos continentes, con la finalidad de que los reconocieran, se concluyó que la preferencia de estos varía por la región debido a las diferencias de tradición, hábitos y sobre todo disponibilidad de sabores en las regiones: siendo importante para una buena introducción de productos exportados según sus preferencias. (Pangborn, et al. 1988) ^{13, 14}

5.2.5 Terneza

La terneza de la carne es uno de los factores que más influyen en su palatabilidad y debe mantenerse o mejorarse en la mayoría de las especies; depende mucho de la edad del animal; la carne de animales relativamente jóvenes es más tierna que la de animales viejos debido fundamentalmente a que los tejidos conectivos de aquellos se descomponen más fácilmente durante el proceso culinario que los de los animales adultos. Los ganaderos pueden influenciar la terneza seleccionando para el rebaño reproductor aquellos animales capaces de alcanzar el peso deseado para el mercado a una edad joven, procurando alimentarlos de manera tal que se tenga la seguridad de que los animales desarrollarán tal precocidad con la máxima eficacia.

Otros factores que afectan la terneza son:

- Edad. Es menos tierna a la vez que envejece el animal
- Nutrición, adiposidad y grasa intramuscular. Cuando los animales sacrificados a la misma edad han sido expuestos a diferentes niveles de nutrición, sus canales invariablemente difieren en adiposidad. La grasa intramuscular se clasifica de igual forma. Existe una correlación entre lo tierno y la grasa intramuscular
- Sexo. Investigaciones marcan que el efecto del sexo en la blandura es mayor en los novillos
- Hormonas. En novillos no hay evidencia alguna sobre la mejora de la blandura como resultado del tratamiento hormonal
- Raza
- Fatiga
- Métodos de sacrificio, manipulación *post mortem*
- Espesor de corte ^{1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8}

La terneza es consecuencia de factores intrínsecos, como el tipo de músculo, los fenómenos *post mortem* involucrados en la instauración y la resolución del *rigor* (tenderización). En términos generales el grado de terneza está directamente relacionado con la calidad. Algunos métodos para mejorar la suavidad son: la maduración, acondicionamiento y la infusión del calcio. ²⁴

5.2.6 Jugosidad

La jugosidad se relaciona con la impresión inicial de humedad, debido a que el líquido sale rápidamente de la carne.

La jugosidad contiene componentes importantes del aroma y durante la masticación intervienen en el proceso de fragmentación y ablandamiento de la carne. Las principales fuentes de jugosidad de la carne, tal y como las detecta el consumidor, son sus lípidos intramusculares y su contenido acuoso. Los lípidos fundidos, en combinación con el agua constituyen un caldo que cuando est  retenido en la carne se libera al masticarlo. Este caldo estimula también el flujo salivar. El vetado de la carne también sirve para aumentar de forma indirecta la jugosidad. Durante el proceso culinario la grasa fundida se coloca a lo largo de las bandas del rejido conectivo perimisial. Esta distribución uniforme de los lípidos a lo largo del músculo actúa como una barrera frente a las pérdidas de humedad durante el proceso culinario; consecuentemente la carne con cierta marmorización durante este proceso merma menos y parece más jugosa. Durante el asado la grasa subcutánea minimiza la desecación y pérdida de humedad.

La grasa que se encuentra en la masa muscular es importante porque afecta la calidad comestible de la carne. Los niveles bajos (<1.5- 2.0%) pueden producir un corte no muy jugoso o succulento al cocinarlo. Y por el contrario niveles muy altos (< 3-4%) dañan la apariencia en estado crudo y son rechazados por el consumidor.

La percepción de jugosidad y suavidad tienen una relación directa, y por ello la carne de cerdo con niveles de marmorizado muy bajos puede ser percibida como dura.

La mayor contribución a la sensación de jugosidad procede del agua que permanece en el producto cocinado. Puesto que el contenido graso libre de agua de la carne es relativamente uniforme, las diferencias en jugosidad pueden relacionarse con la capacidad de los músculos para retener agua durante el proceso culinario. ^{26, 27, 28}

- Grasa intramuscular. Está estrechamente relacionada con la jugosidad, se encuentra que los bisteces con una cantidad moderada de grasa son significativamente más jugosos que los que solo tienen una pequeña cantidad de grasa.
- Y otros como: raza y sexo. ²⁹

5.2.7 Marmorizado de la grasa

El jaspeado, vetado o marmorización, es decir la presencia de grasa entre la porción magra del músculo, se estudia en muchos casos entre los factores asociados a la terneza en ciertas especies de abasto. La marmorización contribuye más a la jugosidad y aroma de la carne fresca: desde hace tiempo se ha empleado como índice de calidad en la evaluación de canales.

El color de la grasa desde el punto de vista de nutrición es de pequeña o de nula importancia, se usa para estimar la calidad comercial de la carne, en cambio su color en prueba sensorial gusta más el color claro. El ganado alimentado con pasto produce grasa amarilla. El ganado mal criado o mal alimentado para fines de producción de carne tiene tendencia a la grasa amarilla más coloreada. La grasa de res selecta alimentada en invierno es de color blanco cremoso. La grasa es muy variable con respecto de la raza, edad y su alimentación como ya se mencionó.^{1,24,25}

5.2.8 Corte de la canal

El cliente actualmente sabe el corte de carne que prefiere o que necesita, ya sea para consumo individual o para la transformación a embutidos; y con ello se han conseguido avances en cuanto a cortes, no obstante algunos problemas en el mercado referente a suavidad y dureza de la carne provienen de errores que se cometen al cortar la carne.²⁶

Una de las razones principales de estos errores se deriva de tratar de cortar la canal con todo y el hueso para darle mayor reutilizabilidad al proceso. Sin embargo al realizar este tipo de corte se limita el proceso a la estructura ósea de la canal y eso implica que los cortes sean transversales al eje longitudinal de la canal. Así dentro de un corte de la cadera se encontrarán el *Psoas major* (filete) y el *Biceps femoris* (músculo externo de la pierna); éstos tienen un valor de suavidad completamente opuesto. El entendimiento de la forma, características y funcionalidad muscular es indispensable para obtener el mayor rendimiento de una canal. Los músculos más reconocidos por su suavidad son el *Psoas major* y el *Longissimus dorsi*. Ambos se encuentran en el lomo de la canal y su función es estructural, puesto que sólo mantienen el esqueleto en su lugar y no se utilizan primordialmente como medio de locomoción. Algunos músculos representan un alto porcentaje de la canal, como el *Semimembranosus*, el cual representa el 1.74%, el *Biceps femoris*, el 2.04%; *Longissimus dorsi*; el 1.92%; y el *Serratus ventralis*, el 1.24%. Esto se puede tomar en

cuenta al hacer los cortes para tomar la mejor ventaja de las características anatómicas del animal.

En Estados Unidos existe un sistema de corte perfectamente establecido desde el productor hasta el consumidor. La naturaleza del mercado de este país no permite que se hagan cambios en el sistema de corte, puesto que una modificación por pequeña que sea, trastornaría la forma de proceso, las líneas de producción, los sistemas de control de rendimientos, la forma de envase, los sistemas de transporte, los cortes del consumidor y la estructura de precios en el mercado. En este país no contamos con plantas de tal capacidad y por el contrario, es posible implantar cambios orientados a mejorar el rendimiento de la canal y consecuentemente el resultado financiero.

El corte debe estar pensado en resultados provechosos, repasando la anatomía ósea, analizar principios como separación de lo magro de los grasos, separación de partes duras de las suaves, secciones delgadas de las grasas entre otras.

5.3 CALIDAD SANITARIA

La calidad sanitaria es muy importante, evita la contaminación del equipo y del personal, así como presentar un producto en óptimas condiciones higiénicas.

La carne es un alimento sensible al desarrollo de bacterias y mohos, ya que es un medio de cultivo excelente para su crecimiento y desarrollo, puesto que posee un elevado contenido de agua, minerales, compuestos nitrogenados, pH favorable; la alteración se inicia después del desangrado

Los procesadores de la industria cárnica deben tener como meta la máxima higiene en el manejo de la carne para controlar el crecimiento microbiano, aplicando medidas de control de calidad preventivas, durante la manipulación y procesado de la carne, para optimizar su aceptación y permitir su almacenamiento, y así prolongar el tiempo de calidad aceptable. "

Generalmente, la microbiología de las canales depende de las condiciones bajo las cuales se trata a los animales antes, durante y después del sacrificio. Por ello los factores que determinan la calidad microbiológica de las canales son: las condiciones *antemortem* del animal, la disipación de la contaminación durante la matanza, la higiene personal, la temperatura y tiempo de

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

almacenamiento, las condiciones del procesamiento, y la distribución de las canales, la carne y/o los productos. ¹⁴

La calidad sanitaria evita efectos nocivos en la salud pública. Es necesario recalcar la importancia de los riesgos microbiológicos, fisicoquímicos y toxicológicos en el monitoreo de carne, debido principalmente a mala higiene del establecimiento y equipo, deficiente refrigeración, canales contaminadas con heces, pelo, etc., así como aquellos productos conservadores u hormonas al ganado. Así como una contaminación al pastorear por pesticidas y metales pesados. ¹⁵

Inspección *ante mortem*

La primera fase es la identificación y separación de canales afectados clínicamente para la protección del abasto de la carne saludable. ¹⁶

Inspección sanitaria *post-mortem*

El reconocimiento sanitario *post-mortem* de las canales consiste en el examen completo de las canales, con el objeto de comprobar la existencia de lesiones, hematomas, color, olor; que puedan relacionarse con condiciones impropias para el consumo. ^{17, 20}

5.3.1 Invasión microbiana

El deterioro de las carnes durante la conservación, incluso frigorífica, después del sacrificio se debe principalmente a la proliferación, en los tejidos superficiales de las canales, cuartos o pieza, de algunas especies de bacterias y mohos. La duración de la conservación está influenciada por la extensión de la contaminación inicial, sobre todo por aquellas especies aptas a desarrollarse incluso a temperaturas próximas a los 0°C y, que por aptas a desarrollarse "especies a baja temperatura".

En general, a medida que es mayor la contaminación inicial, es más breve la duración de la conservación, pudiéndose llegar al extremo de hacer prácticamente nula la acción de la refrigeración.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

En consecuencia, es extremadamente útil buscar el origen de la contaminación de las canales desde el principio hasta el final de las operaciones de sacrificio, para tratar de adoptar los medios que puedan resultar útiles para limitarla.^{9,14}

Las fuentes de contaminación de las carnes en los mataderos se puede controlar analizando: la piel, las uñas, las heces, el aire de las naves de sacrificio durante las operaciones de matanza, aguas utilizadas para el lavado de las canales u equipo utilizado. Existiendo normas a seguir en los rastros con el objeto de reducir la contaminación microbiana de las carnes antes o durante de su introducción en los almacenes frigoríficos; y conocer los elementos técnicos y sanitarios para la organización y funcionamiento de un rastro o matadero, garantizando la obtención y procesamiento higiénico de la carne para consumo humano.^{9,14}

5.3.2. Manual de buenas practicas de higiene y sanidad

El reto de la Regulación Sanitaria es tener capacidad de respuesta con métodos, instrumentos y personal preparado para cumplir con la misión de garantizar la calidad sanitaria de bienes, productos y servicios en un marco de agilidad, transparencia y efectividad que proteja la salud de la población y adicionalmente que sirva como estímulo a la producción y a la comercialización. Esto es especialmente importante en el caso de los alimentos y de manera particular en la carne, para lo cual se requiere crear una cultura de calidad que involucre a productores, comercializadores, consumidores y autoridades sanitarias para minimizar riesgos a la salud, evitar pérdidas de productos y hacer más eficientes los sistemas de producción y control con el fin de contribuir al bienestar y a mejorar la calidad de vida de nuestra población. Este manual contiene elementos técnicos y sanitarios sobre la organización y funcionamiento de un rastro municipal y pretende ser un instrumento que guíe el manejo de la carne durante todo el ciclo de producción, desde la recepción del ganado hasta el embarque del producto, contribuyendo a garantizar la obtención y procesamiento higiénico de la carne para consumo humano.

El rastro municipal debe contar con los planos donde se indique cada una de las áreas, el equipo con el que se cuenta y su ubicación física, así como el plano general de la construcción, sistema eléctrico, hidráulico y drenaje. Si en rastro se sacrifica más de una especie animal, las instalaciones de sacrificio de cada especie deben estar completamente separadas.¹⁷

5.3.3 Limpieza y desinfección en la planta

Antiguamente la limpieza y desinfección de una planta se observaba como algo necesario pero no indispensable, y se efectuaba cuando había tiempo para tal actividad. Actualmente la higiene se considera como parte de la producción; y la limpieza y desinfección se han adaptado a la tecnología. Y es responsabilidad de todas las personas que elaboran en la planta, y estar consiente del impacto que la sanidad tiene en la calidad de los productos y en la imagen misma de la empresa. ⁴⁷

Con el objeto de elaborar productos cárnicos de alta calidad, seguros y rentables, los procesadores de carne deben de reducir al mínimo la contaminación por microorganismos y prevenir cualquier crecimiento y dispersión de éstos. De todos los microorganismos, las bacterias son las más importantes ya que son capaces de reproducirse fácil y rápidamente en condiciones que comúnmente se dan en las áreas de proceso, entre ellas las de cortes. La contaminación se puede reducir con la práctica de programas de limpieza y desinfección, el seguimiento de las Buenas Practicas de higiene por parte de los operarios. ⁴⁸

5.3.4. HACCP

El programa de análisis de riesgo y control de puntos críticos (HACCP) controla la seguridad de los alimentos y comienza elaborando un diagrama de flujo que describa los pasos secuenciales de cada proceso para cada producto a ser elaborado. Se enlistan los pasos necesarios en el proceso de producción y se realiza una evaluación para detectar los riesgos físicos, químicos y biológicos estableciendo puntos críticos de control para la producción y seguridad de los alimentos.

El análisis de riesgos, identificación y control de puntos críticos (ARICPC), es un método con enfoques sistemáticos y preventivos para garantizar la seguridad de los alimentos, por lo que este documento obedece a la necesidad de contar con una herramienta para los verificadores sanitarios en el momento de realizar su trabajo en la industria de alimentos, y contribuir a que sean más eficientes y eficaces; y de ofrecer una guía a la micro, pequeña y mediana industria, para que realice la actividad de autoverificación, de manera que, conociendo los puntos críticos de su proceso controle, cumpliendo así su responsabilidad. ⁴⁹

5.3.5 TIF

El servicio de Inspección Federal de Carnes es administrado por el Departamento de Establecimientos Tipo Inspección Federal (T.I.F.) de la Dirección de Salud Animal, dependiente de la Dirección General de Sanidad y Protección Agropecuaria y Forestal de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. Esta ley asegura un abastecimiento de carne limpia y sana al consumidor, y comprende toda su producción, los métodos de sacrificio de los animales que se destinan a estos establecimientos.

Se considera de mucho beneficio conseguir la categoría T.I.F., que si bien es cierto que requiere inversión y esfuerzos de transportación, proyección, construcción, bien valen por los beneficios y ventajas que se obtienen.

Las empresas que elaboran productos cárnicos requieren comprobar que la carne en estado natural que reciben es una materia prima libre de contaminación y se ha mantenido y conservado en las mejores condiciones sanitarias. Existe una guía que señala el procedimiento para establecer un control, un registro sanitario para asegurar que la materia prima reúna las características de fresca, calidad y sanidad requeridas.

- Inspección en el transporte. Acomodo correcto en los refrigeradores. Descargar con limpieza.
- Contener los sellos de las autoridades correspondientes.
- Verificación del peso
- Realizar un control sensorial. Evidenciar que la canal no este golpeada.
- Checar que el personal porte su uniforme y condiciones higiénicas.
- El correcto llenado de formatos de recepción o documentos de registro y control.**

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

CONCLUSIONES

Son, los fenómenos bioquímicos los que influyen en la transformación del músculo en carne; siendo los factores *ante* y *post mortem* los que condicionan la calidad de esta materia prima.

Los animales con mejor manejo *ante mortem* presentan más glucógeno en sus músculos, produciendo más ácido láctico (pH más ácido) y los sometidos a diversas tensiones (estrés) antes de su muerte, causan el agotamiento del glucógeno muscular con la consecuente disminución de ácido láctico y menor calidad en general.

Se recomienda reducir los efectos de estrés fisiológico del ganado para repercutir en la calidad de la carne, evitando la pérdida económica, mermas de peso, enfermedades y muerte del animal.

El problema más grande que enfrenta la industria cárnica es el énfasis de la cantidad antes que la calidad.

Actualmente la inspección sanitaria no es regulada adecuadamente en los rastros, faltando un manejo de las carnes refrigeradas y con higiene; ya que la industria cárnica requiere trabajar con certificación Tipo Inspección Federal (TIF).

Un aspecto importante en el éxito de estos productos, además de ser nutritivos es que existen diferentes grados de calidad por lo que existen productos para diferentes mercados.

La calidad de los productos incluye desde la elección de la materia prima hasta el consumo final.

Son las propiedades funcionales una característica muy elemental, vienen regidas por los cambios bioquímicos que experimenta la carne desde el sacrificio del animal, afectando a la obtención del producto deseado.

Y es la calidad sanitaria el componente más significativo, comenzando desde la seguridad del personal que maneja la carne hasta no producir riesgos en la salud del consumidor. Prevenir, identificando las áreas u operaciones del proceso donde se pierda este control y obtener la finalidad que es la calidad.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

BIBLIOGRAFIA

1. Acton, J. C., Ziegler, G. R. y Burge Jr., D. L. 1983. Functionality of muscle constituents in the processing of comminuted meat products. *Rev. Food Sci. Nutr.*, 18 (2): 99-12.
2. Aguirre S. E. 1999. Proteínas y su efecto en la calidad del producto. *CarneTec.* 6 (5): 40-45.
3. Álvarez, V. M., Montiel S. J., Miranda, C. P. 1997. Manual esquemático de bioquímica general para la carrera de Ingeniería en Alimentos. 1ª impresión. UNAM. México.
4. Anónimo. 1999. Asociación Nacional de Empacadoras Tipo Inspección Federal. (ANETIF). *Lácteos y Cárnicos Mexicanos*. 14 (2): 44-53.
5. Asdrúbal, M., y Stradelli, A. 1969. Los Matacés os. 1ª ed. Acribia. España. pp. 7-73.
6. Badui S. 1993. Química de los Alimentos. 3ª ed. Alhambra Mexicana. México. pp. 123-193.
7. Barais, H. 1969. Inspección Veterinaria de la Carne. 1ª ed. Acribia. España. pp.458-481.
8. Barton R. A. 1974. Producción de Carne Bovina; Producción, Proceso y Mercado. 1ª ed. Hemisferio Sur. Argentina. pp. 402-423.
9. Bartos L. A. 1993. A practical Method to Prevent Dark-Curting (DFD) in Beef. *Meat Sci.* (34): 275-282.
10. Beriain, M. J., Sánchez, M., Bello, J. 1990. Efecto de la tecnología de elaboración en las propiedades emulsificantes de las proteínas de distintos productos cárnicos. *Alimentaria*. 2 (209): 15-18.
11. Brekke, C. J., Eisele, T. A. 1981. The Role of Modified Proteins in the Processing of Muscle Foods. *Food Technology*. 35 (3): 231-237.
12. Carpenter, J. A., Saffie, R. L. 1964. A simple method of estimating the emulsifying capacity of various sausage meats. *J. Food Sci.* 29 (6): 774-781.
13. Cenzano, I., Madrid, A. 1994. Nuevo manual de industrias alimentarias. 1ª ed. Mundiprensa. España. pp. 397-398.
14. Dedeñona, M. E. 2000. Incidencia de patógenos en productos cárnicos y métodos para prevenirlos. *Carnetec.* 7 (4): 42- 47.
15. Dedeñona, M. E., Hernández C. J., Soto S. S. 2001. Función de las proteínas de la carne en la elaboración de productos cárnicos. *Lácteos y Cárnicos Mexicanos*. 15 (6): 16-22.
16. Doyle, M. P., Beuchat, L. R., Montville, T. J. 2000. Microbiología de los alimentos: fundamentos y fronteras. 1ª ed. Acribia. España.
17. Escutia, S. I. 1994. Manual de buenas prácticas de sanidad en rastros municipales. SSA. México.
18. Fennema, O. R. 1982. Introducción a la ciencia de los alimentos. 3ª ed. Reverte S.A. España. pp 816-870.
19. Flores, D. J., Bermell, P. S. 1983. El músculo esquelético: estructura y composición química. *Alimentación, Equipos y Tecnología*. 1: 99-104.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

20. Flores, D. J., Bermell, P. S. 1984. Estructura, composición y propiedades bioquímicas de las proteínas miofibrilares. *Agroquímica y Tecnología de Alimentos*. 24 (1): 15-24.
21. Flores, D. J., Bermell, P. S. 1984. Propiedades funcionales de las proteínas miofibrilares: capacidad de retención de agua. *Agroquímica y Tecnología de Alimentos*. 24 (2): 17-24.
22. Flores, D. J., Bermell, P. S. 1985. Capacidad de emulsión de las proteínas miofibrilares. *Agroquímica y Tecnología de Alimentos*. 25 (2): 481-489.
23. Flores, D. J., Bermell, P. S. 1986. Capacidad de gelificación de las miofibrilares. *Agroquímica y Tecnología de Alimentos*. 26 (3), 318-324.
24. Forrest, J. C. Aberle, E. D., Hedrick, H. B., Judge, M. D., Merkel, R.A. 1979. Fundamentos de Ciencia de la Carne. 1ª ed. Acribia España.
25. Fraser, A. 1963. La carne de res y su calidad en: Cría y explotación del ganado. 1ª ed. Continental. México.
26. García B. 2001. Operan en el DF más de mil rastros sin control sanitario. Periódico El Universal. CCCXLI, No. 30, 414.
27. Gorospe, O., Asturiasán, I., Sánchez-Monge, J. M., Bello, J. 1989. Estudio del desarrollo del Color en Derivados Cárnicos Crudos-curados, valorado por medidas químicas y físicas. *Alimentaria*. 26 (218): 37-41.
28. Gracey, J. F. 1989. Microbiología de la carne en: Higiene de la carne. 8ª ed. Interamericana. España. pp. 419-435.
29. Grandin, T. 1991. Recomendaciones para el manejo de animales en las plantas de faena. Departamento de Ciencia Animal. Universidad del Estado de Colorado. E. U. A.
30. Grandin, T. 1993. La enseñanza de principios de comportamiento y diseño de equipos para el manejo del ganado. *J. of Animal Sci.* (71): 1065-1070.
31. Grandin, T. 1994. Manejo y bienestar del Ganado en los Rastros. Departamento de Ciencia Animal. Universidad del Estado de Colorado. E. U. A.
32. Grandin, T. 1994. Manejo y procesamiento del ganado. Departamento de Ciencia Animal. Universidad del Estado de Colorado. E. U. A.
33. Grandin, T. 1994. Methods to reduce PSE and bloodsplash. Veterinary Outreach Programs. Universidad de Minnesota. 21: 206-209
34. Grandin, T. 1996. El Bienestar animal en las plantas de faena. Departamento de Ciencia Animal. Universidad del Estado de Colorado. E. U. A.
35. Grandin, T. 1999. Buenas prácticas de trabajo para el manejo e insensibilización de animales. Departamento de Ciencia Animal. Universidad del Estado de Colorado. U. S. A.

TESIS CON
 FALLA DE ORIGEN

36. Grandin, T. 2000. Efecto de las auditorias de bienestar animal en plantas de faena por parte de una gran empresa de comidas rápidas. *Journal of the American Veterinary Medical Association*. 216 (6): 848-851.
37. Grandin, T. 2000. El ganado arisco y la carne oscura: como minimizar su impacto. Departamento de Ciencia Animal, Universidad del Estado de Colorado. E. U. A.
38. Grandin, T. 2000. Guía para resolver problemas usuales en el manejo de los animales. Departamento de Ciencia Animal, Universidad del Estado de Colorado. E. U. A.
39. Hamm, R. 1975. Water holding capacity of meat. En *Meat*. Ed. D.J.A. Cole y R.A. Lawrie. London.
40. Hamm, R. 1982. Post mortem changes in muscle with regard to processing of hot-boned beef. *Food Technology*. 36 (11): 105-115.
41. Hamm, R. 1982. Sobre la capacidad de la carne para ligar agua. *Die Fleischerei*. 9:VII.
42. Hawthorn, J. 1983. Fundamentos de ciencia de los alimentos. 1ª ed. Acribia. España. pp 87-95.
43. Helmer, R. L. y Saffle, R. L. 1963. Effect of chopping temperature on the stability of sausage emulsions. *Food Technology*. 17 (9): 115-117.
44. Hendon, R. 1999. Estudios de flujo en el análisis de la planta. *CarneTec*. 6 (1): 54-56.
45. Jeremial L. E. 1994. Consumer responses to pork loin chops with different degrees os muscle quality in two western Canadian cities. *Ca. J. Animal Sci*. 28 (717): 425-432.
46. Juan, M. 1994. Aplicación del análisis de riesgos, identificación y control de puntos críticos en la elaboración de productos cárnicos. SSA, México. pp. 2-4.
47. Keeton J. T., et al. 1988. Evaluation of fresh vacuum- packaged beef steaks coated with an acetylated monoglyceride. *J. Food Sci*. 53 (3): 701-704.
48. Kinsella, J. E. 1984. Milk proteins: physicochemical and funcional properties. *Food Sci. Nutr*. 21 (3): 197- 262.
49. Kropf, D. H. 1995. El color y su estabilidad. Los factores que afectan el color en la carne fresca. *CarneTec*. 2 (2): 20-24.
50. Kropf, H. D. 1997. Visualizando los procesos oxidativos de la carne y sus productos: Parte 1. *CarneTec*. 4 (5): 26-30.
51. Lawrie, R. A. 1998. Ciencia de la Carne. 3ª. ed. Acribia. España.
52. Lien, R. R. 1998. El Citosqueleto y sus Proteínas. *CarneTec*. 5 (5): 22-25.
53. Liorente, B. A. 1997. Influencia del manejo de los animales antes del sacrificio en la calidad de la Carne. *Licetos y Cárnicos Mexicanos*. 12 (5): 12-15.
54. Maurer, A. J. 1998. El color y algunos de sus problemas en productos y canales de pollo. *CarneTec*. 5 (6):44-46.
55. Nishimura, T., Rhue, M. R., Okitani, A., Kato, H. 1988. Components Contributing to the Improvement of Meat Taste during Storage. *Agriculture Biology Chemistry*. 52 (9): 1323-1330.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

56. Nuñez O. J. 1998. Revisión de la industria cárnica nacional. *Lácteos y Cárnicos Mexicanos*. 13 (4):20-24.
57. Offer, G., Trinick, J. 1983. On the mechanism of water holding in meat: the swelling and shrinking of myofibrils. *Meat Science*. (8):245-281.
58. Olson D. G. Diciembre.1991. Curso sobre Tecnología y Procesamiento de Cárnicos. Universidad de Iowa, E. U. O.A.
59. Owen, J. 1987. Alimentación del ganado vacuno. 1ª ed. Ateneo, Argentina.
60. Panghorn, R. M., Gcinard, J., Davis, R. 1988. Regional aroma preferences. *Food Quality and Preference*. 1 (1): 11-19.
61. Pearson, A. M. y Tauber, F. W. 1984. Processed meats. 2ª ed. Avi Publishing Co. E.U.
62. Pizza, A. y Perrielli, R. 1977. Indagine sulla trabilità delle emulsioni di carne, della temperatura di triturazione e dell'aggiunta di proteine estrate e polifosfati. *Conserv.* (1): 32-36.
63. Potter, N. N. 1978. Ciencia de los Alimentos: Carne, Aves y Huevos. 1ª. ed. Edatex. México .pp. 431-452.
64. Preston, T. R., Willis, M. B. 1974. Producción intensiva de la Carne., 2ª ed. Diana. México.
65. Remes Q. A. 1997. Ventajas de los establecimientos Tipo Inspección Federal (T.I.F) en comercialización de la carne y sus derivados. *Lácteos y Cárnicos Mexicanos*. 12 (3): 22-24.
66. Rocha, A. 1998. Higiene en la Sala de Corte. *CarneTec*. 5 (4): 58-61.
67. Rocha, A. 1998. Limpieza y desinfección en la planta. *CarneTec*. 5 (4): 19-22.
68. Santini, N. 1999. Es Urgente la Aplicación de la Normatividad en Todas las instalaciones de Matanza y Rastros del país. *Lácteos y Cárnicos Mexicanos*. 14 (5): 13-19.
69. Seanga, J. A., Belk, K. E., Tatum, J. D., Grandin, T., Smith, G.C. 1998. Factors contributing to the incidence of dark cutting beef. *J. Animal Sci.* (76): 2040- 2047.
70. SECOFI. 2000. Guías empresariales: Embutidos. 1ª ed. Limusa. México.
71. Secretaría de Salud. 1994. Guía para la Verificación de un Rastro. SSA. México.
72. Swift, C. E., Lockett, C. y Fryar, A.J. 1961. Comminuted meat emulsions: the capacity of meats for emulsifying. *Food Technology*. (15): 468-473.
73. Swift, C. E., Sulzbacher, W.L. 1963. Factor affecting meat proteins as emulsion stabilizers. *Food Technology*. (17): 106-108.
74. Varnam, A. H., Sutherland, J. P. 1998. Carne y productos Cárnicos.1ª ed. Acribia. España.
75. Velazco, J. 1995. Métodos para mejorar la suavidad de la carne. *CarneTec*. 6 (4): 14-16.
76. Velazco, J. 1995. Problemas que ocurren durante el enfriamiento de canales. *CarneTec*. 2 (2): 16-19.
77. Velazco, J. 1998. Corte de canales de cerdo según el Sistema de los E.U.A. *CarneTec*. 5 (4): 42-45.
78. Velazco, J. 1998. Manejo *ante mortem* del Ganado. *CarneTec*. 4 (2): 16-20.
79. Velazco, J. 1998. Método de Corte Alternativo para Canales de Cerdo. *CarneTec*. 5 (5), 18-21

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

80. Velazco, J. 1999. Los músculos: Características, funcionalidad y su relación con el rendimiento de Corte. *CarneTec.* 6 (6): 40-44.
81. Velazco, J. 1999. Métodos para evaluar la calidad de los canales en línea. *CarneTec.* 6 (3): 12-15.
82. Velazco, J. 2000. Problemas de calidad en el sacrificio de bovinos. *Carnotec.* 7 (1):18-21.
83. Velazco, J. 2000. Resolviendo problemas de enfriamiento de canales. *Carnotec.* 7 (4): 32-35.
84. Voisinet, B. D., Grandin, T., O'Connor, S. F., Struthers J.J. 1997. Los métodos para reducir PSE y bloodsplash. *J. Animal Sci.* (75): 892-896.
85. Warriss, P. 1995. Métodos para evaluar la calidad de la carne de cerdo. *CarneTec.* 2 (5):18-24.

PAGINAS WEB

1. www.cuemsaco.org/new1.shtml. Consejo Nacional de Empacadores de Carnes Frías y Embutidos, A.C.
2. www.inegi.gob.mx. Instituto Nacional de Estadísticas Geográficas e Informática.
3. www.sagarpa.gob.mx. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación.
4. www.secofi-sniim.gob.mx. Sistema Nacional de Información e Integración de Mercados.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN