



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE QUÍMICA

DETERMINACIÓN FÍSICOQUÍMICA, SENSORIAL Y
MICROBIOLÓGICA EN EMBUTIDOS DE CABRITO

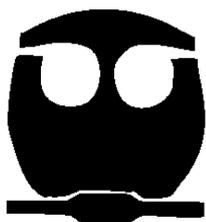
TESIS

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

QUÍMICA DE ALIMENTOS

P R E S E N T A:

GRECIA GONZÁLEZ DOMÍNGUEZ



MÉXICO D.F.,

2010.



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

JURADO ASIGNADO

PRESIDENTE DULCE MARIA GOMEZ ANDRADE
VOCAL ALBERTO TECANTE CORONEL
SECRETARIO CLAUDIA DELGADILLO PUGA
1er SUPLENTE PATRICIA SEVERIANO PEREZ
2do SUPLENTE CARLOS IVAN MENDEZ GALLARDO

SITIO EN DONDE SE DESARROLLO EL TEMA

INSTITUTO NACIONAL DE CIENCIAS MÉDICAS Y NUTRICIÓN SALVADOR
ZUBIRÁN.

Dra. Claudia Delgadillo Puga
Asesor

Grecia González Domínguez
Sustentante

AGRADECIMIENTOS

Al Instituto Nacional de Ciencias Médicas y Nutrición Salvador Zubirán y al Dr. Fernando Pérez-Gil Romo, por haberme proporcionado las facilidades para que este proyecto se llevara a cabo.

A la persona que me ha guiado para llegar al final de este camino, pero sobre todo, ha confiado en mi, me ha brindado su apoyo y amistad; Dra. Claudia Delgadillo Puga...gracias.

A todo el Departamento de Nutrición Animal y sus colaboradores: Gladis, Rosa Ma., Lulú, Sara, Paty y Margarita, por su apoyo, confianza y por los buenos momentos que nunca olvidaré.

Al Q.F.B. Fernando Tuz y a la Q.B.P. Leticia Reyes, por su tiempo, apoyo y enseñanzas.

A Gloria Acevedo por su paciencia y su apoyo; al Departamento de Ciencia y Tecnología de Alimentos por brindarme las herramientas para realizar este proyecto.

A la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Autónoma de Guerrero y al M. C. Esteban Mireles por proporcionar la materia prima que fue la base de este proyecto, por su apoyo y disposición.

Al Dr. Alberto Tecante, por su asesoría, tiempo y paciencia.

DEDICATORIAS

A mis padres, que siempre me han brindado todo su apoyo y confianza.

A mis hermanas, aunque estemos lejos, siempre podrán contar conmigo, las quiero.

Con mucho cariño para mis abuelos Felipe Domínguez, Juana García, José L. Bravo y Sara Mondragón, que Dios los cuide y los bendiga siempre.

A Jessica y Alfonso, que me brindaron su apoyo, confianza y hospitalidad.

Con todo mi amor para Jairo M. Rodríguez, que me ha dado siempre e incondicionalmente su apoyo y su amor, por esas y muchas cosas mas...Te amo.

A ti amiga Susana Rico†, siempre te llevaré en mi corazón y nunca olvidaré los momentos que pasamos juntas.

A mis amigos cuatreros: Georgina, Nayeli, Erendida, Silvia, Paulina, Daniel, Abraham, Eloisa, Miguel y Erandi que son como mis hermanos. Los quiero.

A mis queridos amigos de la Facultad de Química: Roberto, Mariel, Armando, Ricardo, Dalia, Rocío, Luis, Belén, Pamela, Mariana, Carmen e Irene que hicieron que mis días en la facultad fueran inolvidables, por su amistad y cariño...gracias.

A la inigualable Universidad Nacional Autónoma de México y a la Facultad de Química.

“POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU”

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE GENERAL	i
i. Índice de cuadros.....	iii
ii. Índice de figuras.....	iv
iii. Índice de diagramas.....	v
I. RESUMEN	1
II. INTRODUCCIÓN	3
III. OBJETIVO	4
IV. ANTECEDENTES	5
IV.1. Situación actual de la carne caprina en México.....	5
IV.2. La carne.....	8
IV.2.1. Estructura general.....	8
IV.2.2. Composición química.....	11
IV.3. Productos cárnicos.....	17
IV.3.1. Química de los productos cárnicos.....	21
IV.4. Propiedades sensoriales de la carne y los productos cárnicos.....	31
IV.5. Inocuidad de la carne y los productos cárnicos.....	40
V. HIPÓTESIS	44
VI. MATERIALES Y MÉTODOS	45
VI.1. Muestras de embutidos.....	45
VI.1.1. Elaboración de salchicha.....	46
VI.1.2. Elaboración de jamón.....	52

VI.2.	Análisis microbiológico de la carne de cabrito y embutidos.....	57
VI.3.	Composición química de embutidos de cabrito.....	61
VI.4.	Evaluación sensorial de embutidos de cabrito.....	65
VI.5.	Determinación del perfil de textura de embutidos de cabrito.....	66
VI.6.	Análisis estadísticos.....	70
VII.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	72
VII.1.	Análisis microbiológico de la carne de cabrito y embutidos.....	72
VII.2.	Composición química de embutidos de cabrito.....	74
VII.3.	Evaluación sensorial de embutidos de cabrito.....	81
VII.4.	Análisis del perfil de textura de embutidos de cabrito.....	82
VIII.	CONCLUSIONES.....	85
IX.	LITERATURA CITADA.....	87
X.	ANEXOS.....	91

i. Índice de cuadros

Cuadro 1.	Producción y distribución nacional de la carne caprina.....	6
Cuadro 2.	Producción de carne caprina en el mundo.....	7
Cuadro 3.	Composición proximal del tejido muscular magro de diferentes especies animales.....	11
Cuadro 4.	Aminoácidos esenciales de la carne caprina.....	13
Cuadro 5.	Contenido de ácidos grasos en la carne magra de diferentes especies animales.....	16
Cuadro 6.	Parámetros de textura.....	36
Cuadro 7.	Formula para elaborar salchicha de cabrito.....	47
Cuadro 8.	Formula para elaborar jamón de cabrito.....	52
Cuadro 9.	Determinación microbiológica (\log_{10} UFC/g) de la carne de cabrito cruda empleada para la elaboración de los embutidos.....	73
Cuadro 10.	Determinación microbiológica (\log_{10} UFC/g) de embutidos de cabrito.....	73
Cuadro 11.	Composición química de embutidos de cabrito.....	75
Cuadro 12.	Contenido de ácidos grasos y colesterol presente en embutidos de cabrito.....	77
Cuadro 13.	Evaluación sensorial de embutidos de cabrito.....	81
Cuadro 14.	Análisis del perfil de textura de embutidos de cabrito.....	83

ii. Índice de figuras

Figura 1.	Representación esquemática de una sección transversal del tejido muscular.....	9
Figura 2.	Estructura del sarcómero.....	10
Figura 3.	Ruta metabólica para la síntesis de ácidos grasos saturados por los microorganismos ruminales.....	15
Figura 4.	Principales propiedades funcionales de las proteínas cárnicas.....	22
Figura 5.	Capacidad de retención de agua en el músculo debido a la adición de cloruro de sodio.....	23
Figura 6.	Ejemplo de la estructura química de un emulsificante.....	25
Figura 7.	Reacciones involucradas en el desarrollo del color de los productos cárnicos.....	27
Figura 8.	Reacción química básica del curado.....	29
Figura 9.	Iones fosfato involucrados en la preparación de productos cárnicos.....	30
Figura 10.	Relación entre los cinco sentidos y las propiedades sensoriales de los alimentos.....	32
Figura 11.	Grupo “hemo” presente en la mioglobina y la hemoglobina.....	33
Figura 12.	Curva típica de un perfil de textura.....	39
Figura 13.	Perfil de textura de los embutidos.....	67
Figura 14.	Área bajo la curva.....	69
Figura 15.	Contenidos de ácidos grasos en embutidos de cabrito.....	79

iii. Índice de diagramas

Diagrama 1.	Elaboración de salchicha de cabrito.....	51
Diagrama 2.	Elaboración de jamón de cabrito.....	56
Diagrama 3.	Preparación de la muestra para determinar el perfil de ácidos grasos.....	63
Diagrama 4.	Preparación de la muestra para la determinación de colesterol.....	64

I. RESUMEN

La carne de caprina es una importante fuente de proteína animal, en los últimos años ha recibido mayor interés desde el punto de vista científico y tecnológico. El objetivo de este estudio fue proponer una forma de diversificar el consumo de carne de cabrito, mediante la elaboración de jamón y salchicha; así mismo determinar sus características fisicoquímicas, sensoriales y microbiológicas. Los productos se elaboraron en la planta piloto del Departamento de Ciencia y Tecnología de los Alimentos, ubicada en la Dirección de Nutrición del Instituto Nacional de Ciencias Médicas y Nutrición Salvador Zubirán. La composición química de los productos se determinó de acuerdo con los procedimientos de la AOAC (2003); la calidad microbiológica se realizó de acuerdo con la Norma Oficial Mexicana NOM-122-SSA1-1994. La evaluación sensorial se realizó con ayuda de un panel de 68 jueces, a través de una prueba de nivel de agrado; utilizando una escala hedónica de cinco puntos, cuyos resultados revelaron que los productos a base de carne de cabrito presentan un nivel de agrado significativamente diferente respecto a los productos comerciales elaborados con carne de cerdo. Se determinó también el perfil de textura, evaluando la dureza, cohesividad, elasticidad, gomosidad y masticabilidad. Las determinaciones microbiológicas colocaron dentro del rango de seguridad a todas las muestras analizadas (NOM-122-SSA1-1994). Por otra parte, el jamón de cabrito contiene en promedio 2.1% de lípidos, de los cuales 45% son ácidos grasos saturados (AGS), 27% ácidos grasos poliinsaturados (AGP) y 20% son ácidos grasos omega 6. Las salchichas presentaron un contenido de 8.9% de lípidos, donde el 38% correspondió a los AGS, 28% a los monoinsaturados, 24% a los AGP; de los ácido grasos con dobles ligaduras

el 22% fueron del tipo omega 6. De acuerdo con el análisis de textura, los jamones y las salchichas de cabrito registraron en promedio 29.2N y 28.1N de dureza respectivamente. En este sentido, los embutidos de cabrito son productos ricos en proteína, con un buen perfil lipídico. Sin embargo, las características de textura y el nivel de agrado, no fueron semejantes a los productos cárnicos de mayor consumo. La evaluación sensorial, reveló que los productos a base de carne caprina presentan un nivel de agrado significativamente diferente respecto a los productos comerciales elaborados con carne de cerdo. Por lo que se recomienda modificar la formulación inicial, además de continuar explorando nuevas alternativas tecnológicas, como salamis, salchichones y piernas maduradas entre otros.

II. INTRODUCCIÓN

Los caprinos fueron introducidos a México por los españoles en el siglo XVI, logrando adaptarse desde entonces en gran parte del territorio nacional, demostrando ser aptos para la producción, principalmente en las zonas áridas y semiáridas. México ocupa el primer lugar en producción de carne caprina a nivel continental y el décimo quinto a nivel mundial. El caprino es un animal de múltiple propósito que juega un papel fundamental en la seguridad alimentaria de poblaciones rurales marginadas; donde la producción caprina se ha mantenido sin grandes cambios tecnológicos en una parte importante de los hatos de nuestro país (SAGARPA 2009). Gracias a la capacidad de la especie caprina para sobrevivir bajo condiciones ambientales difíciles, en las zonas áridas y semiáridas de México la producción con esta especie representa una actividad de suma importancia y que se desarrolla en la mayoría de los casos en forma complementaria a otros quehaceres agropecuarios. Se estima que aproximadamente 400 mil familias están involucradas en la caprinocultura. El desarrollo de ésta actividad se encuentra bajo un escenario de desequilibrio tecnológico. En este sentido, el productor de carne caprina debe buscar nuevas estrategias para la comercialización. La elaboración de productos cárnicos usando como materia prima la carne caprina, es una alternativa para incrementar la rentabilidad de este sector; ya que la carne caprina se ha establecido como una carne magra con alto valor nutricional, además de que evaluaciones sensoriales han demostrado su aceptación ante los consumidores (Cosenza *et al.*, 2003).

III. OBJETIVO

Proponer una forma de diversificar el consumo de carne de cabrito, a través de la elaboración de embutidos actualmente consumidos en casi todos los sectores de la población como jamón y salchicha; así mismo determinar las características fisicoquímicas, sensoriales y microbiológicas de los embutidos de cabrito para conocer su valor nutrimental, el nivel de agrado ante el consumidor y determinar si dichos productos cumplen con la calidad sanitaria para ser consumidos.

IV. ANTECEDENTES

IV.1. SITUACIÓN ACTUAL DE LA CARNE CAPRINA EN MÉXICO

En México la producción caprina es una actividad tradicional que se encuentra estrechamente ligada con el desarrollo cultural de la población, desde que los españoles introdujeron las cabras, hace ya casi 500 años (Gallegos, 2005). En el año 2009 en México se produjeron alrededor de 43.1 mil toneladas de carne caprina (FAOSTAT, 2009) la caprinocultura sostiene a poco más de 400 mil familias, es decir, alrededor de 1 millón y medio de mexicanos tienen como actividad productiva primaria o complementaria la caprinocultura, la cual se ubica principalmente en zonas de bajos índices de desarrollo humano.

La carne caprina es una importante fuente de proteína animal, la cual en los últimos diez años a cobrado mayor importancia; con un mejor desarrollo científico y tecnológico; ejemplo de esto son algunos proyectos que se han desarrollado con el fin de promover e incrementar la producción de caprinos. Estos proyectos han tenido resultados positivos, habiéndose logrado impactos como el incremento en la productividad, mejorando la rentabilidad y la producción de alimentos de origen caprino con mayor calidad. En el Cuadro 1, se muestra la producción y distribución nacional de de carne caprina; siendo Coahuila, Oaxaca, Puebla, Zacatecas y Guerrero los estados con mayor producción, los cuales aportan aproximadamente 46% de la producción nacional.

Cuadro 1. Producción y distribución nacional de la carne caprina (miles de toneladas;

Anuario Pecuario, 2009)

ESTADO	2005	2006	2007	2008	2009
Aguascalientes	91	137	134	177	167
Baja California	259	288	245	212	237
Baja California Sur	395	376	469	415	434
Campeche	26	24	26	25	28
Coahuila	4,330	4,739	5,121	5,283	5,339
Colima	54	54	54	55	64
Chihuahua	1,536	1,419	1,400	1,333	1,344
Durango	1,764	1,754	1,709	1,737	1,575
Guanajuato	1,872	1,864	1,984	2,081	2,194
Guerrero	3,373	3,310	3,343	3,334	3,407
Hidalgo	1,332	1,332	1,369	1,355	1,354
Jalisco	2,174	2,140	2,180	2,202	2,170
México	561	502	564	519	492
Michoacán	2,374	2,469	2,439	2,500	2,502
Morelos	371	387	336	388	486
Nayarit	544	542	570	510	459
Nuevo León	1,413	1,422	1,523	1,561	1,637
Oaxaca	4,335	4,328	4,383	4,434	4,274
Puebla	3,418	3,393	3,547	3,653	3,655
Querétaro	169	170	139	129	127
Quintana Roo	9	11	10	24	29
San Luis Potosí	3,647	3,234	2,752	2,771	2,827
Sinaloa	1,810	1,807	1,665	1,732	1,617
Sonora	305	403	341	220	200
Tamaulipas	2,002	1,994	1,969	1,927	1,884
Tlaxcala	497	613	652	664	592
Veracruz	666	650	644	658	675
Zacatecas	3,065	3,367	3,307	3,228	3,361
Total Nacional	42,390	42,728	42,873	43,128	43,129

A nivel mundial, China se ubica como el primer país productor de carne caprina, abarcando hasta el 2005 43.5% de la producción total mundial, seguido de India con 13.5% y Pakistán con 9.5%. En este sentido México es el décimo quinto país productor de carne caprina (Cuadro 2), aportando 1% de la producción y siendo el único país del continente americano que figura entre los primeros veinte países productores de carne caprina en el mundo (FAOSTAT, 2009).

Cuadro 2. Producción de carne caprina en el mundo (FAOSTAT, 2009)

Posición	País	Producción (toneladas)	Producción (%)
1	China	1,703,760	43.5
2	India	528,879	13.5
3	Pakistán	370,572	9.5
4	Nigeria	253,792	6.5
5	Sudán	187,486	4.8
6	Bangladesh	169,400	4.3
7	Irán	118,349	3.0
8	Grecia	57,100	1.5
9	Somalia	54,732	1.4
10	Indonesia	50,663	1.3
11	Níger	49,596	1.3
12	Etiopía	48,737	1.2
13	Afganistán	45,500	1.2
14	Turquía	43,120	1.1
15	México	42,411	1.1
16	Kenya	42,370	1.1
17	Nepal	39,308	1.0
18	Malí	36,564	0.9
19	Filipinas	36,050	0.9
20	Mongolia	37,186	0.9

Sin embargo, y aunque la producción de carne caprina ha ido en aumento en los últimos cinco años, ésta ocupa el segundo lugar en importancia de productos caprinos comercializados, siendo el animal vivo el principal producto comercializado.

IV.2. LA CARNE

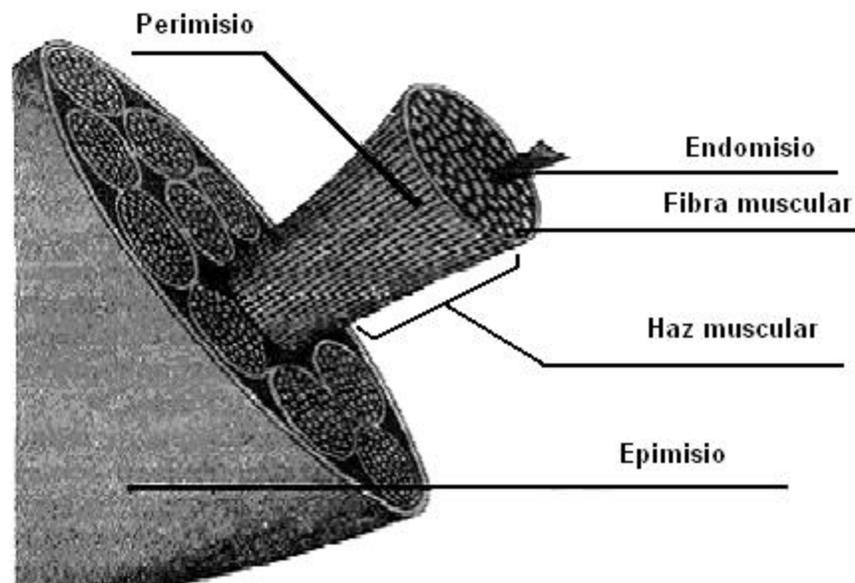
La carne es la organización estructural más compleja de todos los alimentos, el tejido muscular es el componente principal y representa entre 35 y 65% del peso de la canal. Según Hui *et al.* (2006), Paltrinieri y Meyer (1982), la carne se define como la porción de tejido muscular comestible de animales sanos destinados para el consumo humano. La carne está constituida por agua, proteínas, grasa, sales e hidratos de carbono, la composición varía según la localización anatómica, la edad del animal, el género y la especie animal, entre otros factores.

IV.2.1. ESTRUCTURA GENERAL

Los músculos animales están divididos en tres categorías: músculo liso, músculo cardíaco y músculo esquelético; este último actúa bajo control nervioso voluntario y constituye 40 a 65% del peso total de la canal. El funcionamiento del músculo liso es involuntario y se encuentra localizado en los sistemas gastrointestinal, respiratorio y cardiovascular. Los músculos esqueléticos son aquellos que se encuentran unidos directa o indirectamente a los huesos, su función principal es transformar la energía química en energía cinética.

Por su parte; el músculo esquelético está constituido por células filamentosas llamadas fibras musculares (Figura 1), las cuales están rodeadas de una película fina llamada endomisio; mientras que se denomina perimisio al tejido conjuntivo que rodea un conjunto de fibras musculares (haces musculares); así al tejido que rodea un conjunto de haces musculares se le llama epimisio (Hui *et al.*, 2006).

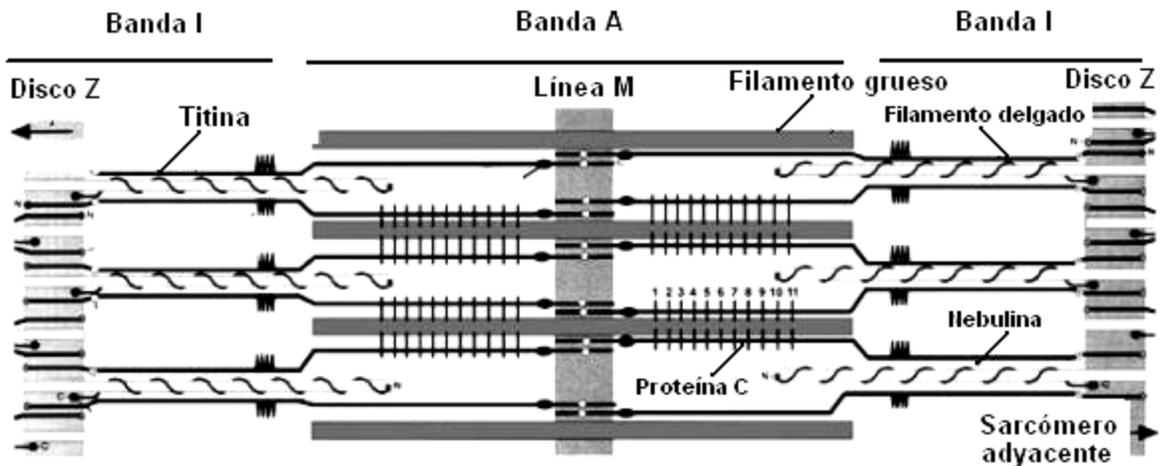
Figura 1. Representación esquemática de una sección transversal del tejido muscular (Hui *et al.*, 2006)



El citoplasma de las fibras musculares se llama sarcoplasma y está compuesto por agua, gránulos de glucógeno, lípidos y proteínas, todos estos componentes a su vez forman una sustancia coloidal en la cual se encuentran suspendidos los organelos (núcleo, mitocondrias, lisosomas, complejo de Golgi y las miofibrillas). Las miofibrillas (MF) son organelos propios de las células musculares y corresponden al 80% de la fibra muscular (Figura 2), se puede decir que las miofibrillas están constituidas por una

sucesión de sarcómeros (unidad estructural del músculo) cada sarcómero comprende una banda A y dos medias bandas I (Hui *et al.*, 2006).

Figura 2. Estructura del sarcómero (Hui *et al.*, 2006)



La estructura molecular de las miofibrillas implica el ordenamiento de las proteínas que constituyen cada uno de los filamentos. Los filamentos gruesos conforman la banda A (Figura 2) y están compuestos de miosina (mayor proteína miofibrilar) junto a estos filamentos se encuentra la proteína C cuya función es mantener la estructura de la banda A, ya que evita la separación de las moléculas de miosina. Los filamentos delgados constituyen la banda I del sarcómero y están compuestos fundamentalmente de una proteína llamada actina que a su vez está asociada con otras proteínas como tropomiosina y troponina (con tres subunidades C, I y T) que mantienen la estructura de los filamentos delgados evitando la interacción entre miosina y actina (Hui *et al.*, 2006). Otras proteínas que desempeñan un papel importante en la estructura de la miofibrilla

son la titina y la nebulina, las cuales unen los filamentos gruesos y delgados a la línea Z respectivamente.

IV.2.2. COMPOSICIÓN QUÍMICA

La carne tiene una composición química bastante compleja; que varía en función de factores como la localización anatómica, la edad, el género, el tipo de alimentación y la especie animal, entre otros; a su vez, esta composición se ve afectada por las condiciones de manipulación, proceso y almacenamiento.

El caprino es un rumiante cuya alimentación se basa en pasturas y forrajes que le proveen fundamentalmente de fibra y nutrientes para su mantenimiento. Según Webb *et al.* (2005) y Urieta y Urieta (1999); la carne caprina resulta una carne de bajo contenido en grasas totales, además de tener un contenido proteínico similar al de la carne de res y de cerdo (Cuadro 3).

Cuadro 3. Composición proximal del tejido muscular magro de diferentes especies animales (¹Fennema, 2002; ²Webb *et al.*, 2005)

Composición (%)				
Especies	Humedad	Proteína	Lípidos	Cenizas
Vacuno ¹	71.5	19.9	8.0	1.05
Cerdo ¹	69.0	19.5	11.0	1.00
Caprino ²	69.4	19.0	10.5	0.95
Pollo ¹	73.7	21.5	6.0	1.00
Cordero ¹	73.0	20.0	6.0	1.00

Las proteínas constituyen el componente mayoritario de la materia seca del tejido muscular, desempeñan funciones estructurales, enzimáticas y forman parte de los compuestos que dan color a la carne y a los productos cárnicos. Según Carballo *et al.* (1991) y Hui *et al.* (2006), las proteínas cárnicas se pueden clasificar en:

- a) **Sarcoplásmicas:** Las cuales se encuentran formando parte del citoplasma celular, son solubles en agua y en solución salina diluida, entre ellas se encuentran la mioglobina, las catepsinas y las calpaínas.
- b) **Miofibrilares:** Actina, miosina, titina, troponina, nebulina, tropomiosina y la proteína M, son las más abundantes del músculo y responsables de la textura de la carne.
- c) **Conectivas:** El colágeno, elastina y reticulina, forman parte de las membranas musculares (epimisio, perimisio y endomisio) son insolubles en agua y en soluciones salinas.

Las proteínas cárnicas son consideradas de alto valor biológico debido a su contenido de aminoácidos esenciales como fenilalanina, leucina, isoleucina, metionina, triptófano, treonina y valina. En el Cuadro 4 se muestra el contenido de aminoácidos esenciales en la carne caprina, de acuerdo con Webb *et al.* (2005) la proteína de la carne caprina tiene un alto contenido de ácido aspartico, lisina, leucina, ácido glutámico, alanina y arginina.

Cuadro 4. Aminoácidos esenciales de la carne caprina (Webb *et al.*, 2005)

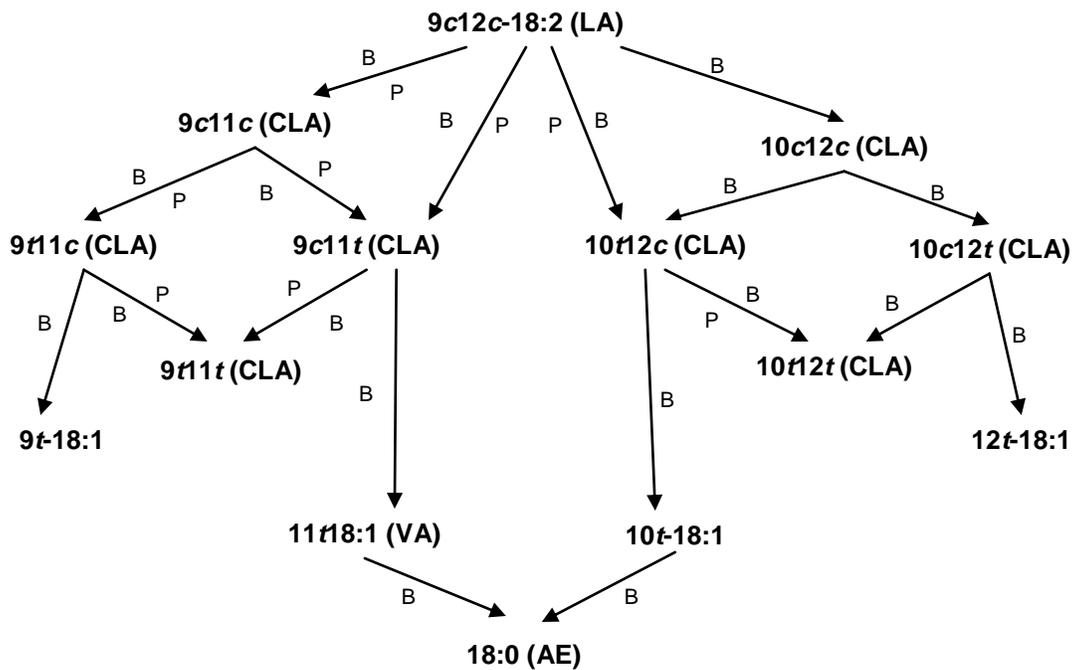
Aminoácido	Composición (g/100 g de carne magra)	
	Cabrito (macho)	Cabrito (hembra)
Arginina	5.53	5.44
Histidina	2.26	2.44
Isoleucina	3.93	3.82
Leucina	7.03	6.83
Lisina	8.36	8.11
Metionina	2.22	2.23
Fenilalanina	3.63	3.50
Treonina	4.64	4.67
Triptófano	0.99	1.00
Valina	3.97	4.02

Después de las proteínas, los lípidos son los compuestos de mayor abundancia en la carne y los productos cárnicos. Tienen gran importancia para la fisiología de la nutrición, aportan aromas y sabores, además poseen propiedades funcionales que son de vital importancia en la elaboración de productos cárnicos. En la carne, los lípidos se encuentran distribuidos entre el tejido adiposo y el tejido muscular. En el tejido muscular se encuentran presentes ácidos grasos, fosfoglicéridos y lipoproteínas, mismos que forman parte de las fibras musculares y los organelos celulares, el tejido adiposo contiene principalmente triglicéridos con ácidos grasos saturados e insaturados, los cuales se encuentran almacenados en adipocitos e influyen en la calidad organoléptica y la vida de anaquel de la carne (Carballo *et al.*, 1991). En este sentido, y debido a su influencia sobre la salud, los lípidos de la carne han sido estudiados ampliamente en las últimas décadas alrededor de todo el mundo. Numerosos estudios están enfocados en

la síntesis y el contenido de ácidos grasos saturados e insaturados presentes en la carne y los productos cárnicos.

A diferencia de los mamíferos monogástricos, los rumiantes modifican y sintetizan ácidos grasos a través de los microorganismos contenidos en el rumen, teniendo como precursores ácidos carboxílicos como el ácido propiónico, valérico, y butírico (Church, 1993). Los microorganismos del rumen modifican las grasas de la dieta mediante un proceso de hidrólisis y biohidrogenación; dicho proceso se caracteriza por la transformación de ácidos grasos insaturados como el ácido linoleico (9c12c-18:2) a ácidos grasos saturados como el ácido oleico (c18:1) y el ácido linoleico conjugado (CLA), del cual numerosas investigaciones (Shingfield *et al.*, 2008; Elwood *et al.*, 2005; Lavillonniere *et al.*, 2003; Baer *et al.*, 2001) le han atribuido beneficios a la salud. Ya que se le ha relacionado positivamente con actividad anticarcinogénica, disminución de los niveles de colesterol y mejoramiento del sistema inmune (Mamum *et al.*, 2009; Zlatanos *et al.*, 2002; Webb *et al.*, 2005). En la Figura 3, se ilustra la ruta metabólica para la formación de ácidos grasos saturados por los microorganismos ruminales, donde las literales B y P indican que el ácido graso es modificado por una bacteria (B) ó por un protozoario (P) y/o ambos, para dar lugar a otro ácido graso.

Figura 3. Ruta metabólica para la síntesis de ácidos grasos saturados por los microorganismos ruminales (Mamum *et al.*, 2009)



LA=ácido linoleico; CLA=ácido linoleico conjugado; VA=ácido vaccénico; AE= ácido esteárico

A continuación en el Cuadro 5, se muestra el perfil de la grasa en la carne magra de los rumiantes y otras especies.

Cuadro 5. Contenido de ácidos grasos en la carne magra de diferentes especies animales (¹Webb *et al.*, 2005; ²Carballo *et al.*, 1991)

Ácidos grasos	Composición (% del total de grasa)			
	² Rumiantes	² Porcino	¹ Cabra (Boer)	¹ Oveja (Damara)
Palmitico	29.8	27.6	21.3	22.5
Palmitoleico	4.7	3.2	3.3	3.4
Estearico	17.1	12.2	20.4	16.4
Oleico	42.3	45.1	36.7	38.9
Linoleico	2.3	10.4	3.4	3.9
Linolenico	-----	0.2	-----	-----
Total saturados	51.6	41.7	54.7	51.8
Total insaturados	49.4	58.3	45.3	48.2

El contenido de ácidos grasos suele ser variable entre animales de la misma especie, ya que la edad, el género, la alimentación y la modificación microbiana en el rumen, influyen sobre el contenido de grasa total de los tejidos adiposos y musculares, afectando directamente el contenido de ácidos grasos que se encuentran en estos tejidos.

La importancia nutricional de la carne como recurso vitamínico, se basa principalmente en el contenido de vitaminas del complejo B (tiamina, riboflavina, niacina, cianocobalamina, ácido fólico, piridoxina, biotina, fotalos y ácido pantoténico); estas vitaminas son de gran importancia fisiológica, ya que su deficiencia está asociada a diferentes patologías; una de estas enfermedades es el “beri-beri”, causada por la deficiencia de vitamina B₁ (Tiamina) cuyos síntomas característicos son pérdida de memoria y dificultad para hablar. En general un consumo deficiente de vitaminas del

complejo B, ocasiona enfermedades asociadas a la función del sistema nervioso (Badui, 2006).

La carne contiene todas las sustancias minerales que son necesarias para el organismo humano; entre los cuales abundan el fósforo, el potasio y el hierro, siendo este último el nutriente mineral más importante debido a su valor nutrimental y a su contribución en el color de la carne y los productos cárnicos (Carballo *et al.*, 1991).

IV.3. PRODUCTOS CÁRNICOS

Los productos y derivados cárnicos comprenden una serie de alimentos, total o parcialmente preparados a base de carnes, despojos o grasas, así como subproductos comestibles, en cuya composición pueden llevar condimentos, especias y aditivos autorizados. El término “producto cárnico” comúnmente significa productos que han sido salazonados o curados, y/o posiblemente reestructurados o mezclados con otros ingredientes (Fennema, 2002). Por otra parte, la calidad de estos productos depende, sin duda, de la calidad inicial de la materia prima. Por ello se ha diseñado diversos procedimientos para evaluar con rapidez las materias primas, de manera que se pueda garantizar una buena calidad del producto final (Rodríguez, 2004).

Según Rodríguez, (2004) los distintos productos cárnicos se dividen en dos grupos principales, que son:

1. **Paquetes musculares con o sin huesos** (constan únicamente de piezas)
2. **Productos elaborados con carnes troceadas** (constituidos por las pastas)

Las piezas completas de paquetes musculares, engloban a los productos curados, ya sea mediante el empleo de sal seca o mediante la inmersión en salmuera. En relación a las pastas cárnicas, éstas se dividen a su vez en: picadas, que contienen trozos de carne fácilmente diferenciables, como las galantinas, la longaniza y el chorizo; también están las pastas emulsionadas como la salchicha y la mortadela.

Por otra parte, Paltrinieri y Meyer (1982) y Hui *et al.* (2006) sugieren la siguiente clasificación para los productos cárnicos:

- a) **Productos cárnicos frescos curados**
- b) **Productos cárnicos crudos curados**
- c) **Productos cárnicos cocidos curados**
- d) **Salazones cárnicas**

Los productos **cárnicos frescos curados**; son aquellos productos elaborados de carne cruda, grasa de cerdo, sal, sal de cura (nitritos), condimentos, aditivos y algún coadyuvante para el curado como el ácido ascórbico, todo ello introducido a manera de relleno en una tripa natural o artificial. Estos embutidos no sufren un proceso de cocción y pueden consumirse en estado fresco o cocinado posterior a una maduración. Algunos tipos de embutidos crudo curados son la longaniza, el salami tipo italiano, el chorizo y algunas pastas cárnicas como las hamburguesas (Rodríguez, 2004).

Se pueden definir como productos **cárnicos crudos curados**, aquellos productos que están adicionados con sales de curado (nitritos y/o nitratos), en este caso el “curado” es resultado de una serie de reacciones químicas, bioquímicas y enzimáticas, que generan propiedades específicas de textura, color, aroma y sabor. Desde el punto de vista tecnológico, estos productos no han sido sometidos a la acción de tratamientos térmicos y normalmente no emplean temperaturas superiores a los 37°C. Ejemplos de estos productos son el lomo embuchado y el jamón serrano. Estos productos llevan un alto valor añadido, ya que el producto está inmovilizado un tiempo relativamente largo a comparación de otros productos cárnicos (Hui *et al.*, 2006).

En la industria, el curado se realiza por dos métodos principalmente: curado en seco y curado húmedo. En el curado en seco la mezcla de ingredientes se aplica externamente a las piezas por frotación y reposo. El curado por vía húmeda, se realiza mediante la inyección de la salmuera con máquinas que poseen gran cantidad de agujas; para acelerar la penetración de la sal, las piezas de carne son sometidas a un proceso mecánico que provoca el ablandamiento de la carne sin modificar su estructura y permitiendo la difusión de la salmuera por los tejidos, lo que aumenta la capacidad de retención de agua (Amerling, 2001).

Dentro del grupo de los productos cárnicos cosidos curados, se incluyen productos sometidos a un tratamiento térmico de pasteurización, durante el cual la temperatura del centro, en general, no supera 70 °C. Cabe mencionar que la salchicha tipo Viena, tipo Frankfurt, los patés y el jamón cocido, son ejemplos de estos productos.

Según Rodríguez, (2004); los productos **cárnicos cocidos curados** se dividen en dos grupos principales:

1. Productos cárnicos cocidos elaborados a base de pasta fina

2. Productos cárnicos cocidos enteros

La pasta fina es una emulsión cárnica, que estructuralmente consiste de una matriz de músculo y fibras del tejido conectivo suspendido en un medio acuoso que contiene proteínas solubles y partículas de grasa, actuando como agentes emulsificantes las proteínas solubles (sarcooplásmicas). Existe una serie de factores que afectan la estabilidad de la emulsión como son: La temperatura, el tamaño de las partículas de grasa, el pH, cantidad y el tipo de proteínas solubles presentes, entre otros (Amerling, 2001). Un ejemplo de este tipo de productos son las salchichas tipo Viena elaboradas única y exclusivamente a base de pasta fina. Para la elaboración de salchichas, se parte de los siguientes ingredientes: carne magra, grasa, cloruro sódico, fosfatos, nitratos y nitritos. Aunque en general la carne empleada es de porcino, cada vez mas se tiende a la incorporación adicional de carne de vacuno, ya que permite conseguir una mayor retención de agua, además de una mejora en el color; para elaborar este producto todos los componentes se someten a un picado y amasado simultáneo en las denominadas *cutters*; el embutido del producto puede realizarse de forma manual o mecánica dentro de una tripa que puede ser natural, de celulosa, poliamida o poliéster. Posteriormente se someten a cocción a una temperatura de 75 °C (Rodríguez, 2004).

Las **salazones cárnicas** son productos sometidos únicamente a un proceso de salado, realizado principalmente con sal marina de granulometría gruesa. Fundamentalmente se utilizan piezas de escaso valor económico como orejas, morros, rabos, lenguas, patas, estómagos, etc. El periodo de elaboración de estos productos, es relativamente corto, de dos a cuatro días; si bien estos productos son de escaso valor comercial y de difusión regional, la tecnología de elaboración es muy sencilla, ya que únicamente los productos son cubiertos de sal a temperaturas inferiores a 3.3°C (en algunas regiones se emplean salmueras sobresaturadas) y una vez finalizado el periodo de salado, se retira la sal y se conservan a temperatura de refrigeración (Hui *et al.*, 2006).

IV.3.1. QUÍMICA DE LOS PRODUCTOS CÁRNICOS

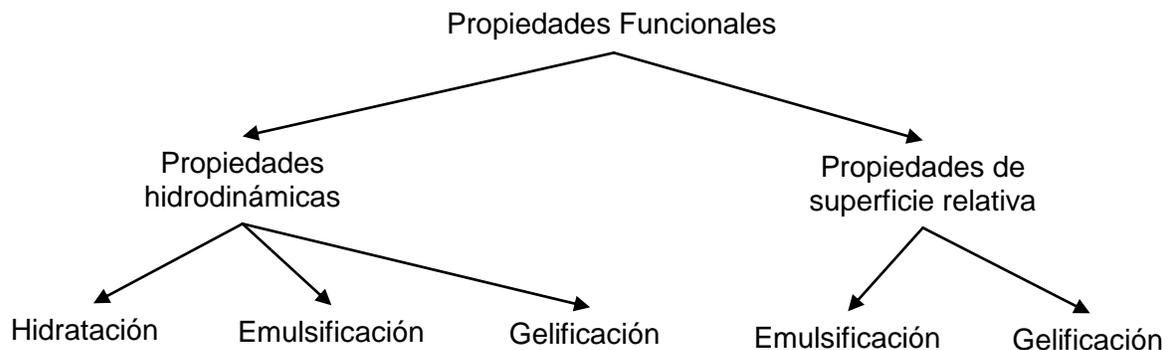
Por su parte la carne, la grasa y otros tejidos animales son considerados como materia prima, en tanto que el resto de las sustancias añadidas son aditivos utilizados para mejorar las propiedades funcionales de las proteínas cárnicas y para retardar e inhibir el crecimiento microbiano (Amerling, 2001).

a) Propiedades funcionales de las proteínas cárnicas

Las propiedades funcionales de las proteínas cárnicas, se relacionan con las propiedades físicas o químicas de las macromoléculas (proteínas, lípidos y carbohidratos), las cuales afectan su comportamiento en sistemas alimentarios durante su preparación, procesamiento, almacenamiento y consumo, así mismo contribuyen a la calidad y características sensoriales del alimento. Las propiedades funcionales más

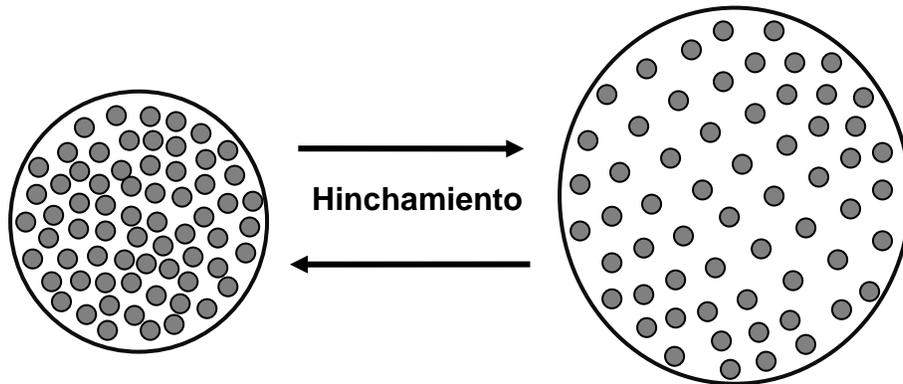
importantes en la carne y productos cárnicos son: Capacidad de retención de agua, solubilidad, gelificación y emulsificación (Hui *et al.*, 2006).

Figura 4. Principales propiedades funcionales de las proteínas cárnicas (Hui *et al.*, 2006)



La retención de agua es la capacidad que tiene la carne entera o picada para retener líquidos, la cual está relacionada con la ternura y la jugosidad, las cuales se ven afectadas por factores como la concentración de proteínas y sal. En general, a medida que aumenta la concentración de proteína y la temperatura del medio también incrementa la cantidad de agua ligada. Al incrementarse la concentración de sal, los iones sodio y cloro se unen a los grupos cargados de las proteínas, lo que debilita las interacciones entre las fibras, esto permite que entre más agua debido a que se reducen las interacciones proteína-proteína (Hui *et al.*, 2006). En la Figura 5, se esquematiza la sección transversal de una miofibrilla que ilustra la capacidad de retención de agua (CRA) debido a la expansión de los filamentos provocada por la adición de cloruro de sodio.

Figura 5. Capacidad de retención de agua en el músculo debido a la adición de cloruro de sodio (Fennema, 2002)



La solubilidad es la propiedad funcional más importante en los alimentos, tanto si se busca incrementarla o evitarla. En el caso de la carne, esta propiedad está dada por los aminoácidos polares (lisina, arginina, histidina, ácido aspártico y ácido glutámico) presentes en las proteínas que constituyen la carne. El rápido descenso del pH en el músculo pálido, suave y exudativo (PSE) resulta en una desnaturalización, precipitación y adherencia de partículas a los aminoácidos de las proteínas miofibrilares, reduciendo su solubilidad trayendo como consecuencia una baja calidad y funcionalidad de este tipo de carne (Hui *et al.*, 2006).

La calidad de muchos productos cárnicos está determinada por la calidad de los geles proteínicos, formados durante el procesamiento como en el caso de los embutidos emulsionados. Un gel de proteína puede definirse como una red tridimensional sólida

entrecruzada de moléculas proteínicas que atrapan un solvente acuoso; para la formación de geles, es necesario que las proteínas se desnaturalicen por calor, solventes, pH, presión o esfuerzo cortante (Hui *et al.*, 2006).

Las emulsiones se definen como la mezcla de al menos dos líquidos inmiscibles, uno de los cuales se dispersa en otro en forma de gotas finas. Si la fase dispersa es grasa, el sistema forma una emulsión aceite en agua, si la fase dispersa es agua el sistema es agua en aceite (Hui *et al.*, 2006). Existe una serie de factores que afectan la estabilidad de la emulsión, como son la temperatura durante la emulsificación, el tamaño de partículas de grasa, el pH, la concentración de proteínas solubles y la presencia de agentes emulsificantes (Amerling, 2001).

Los emulsificantes son moléculas que contienen regiones hidrofílicas e hidrofóbicas que migran a zonas del sistema alimentario donde existen interfases entre dos líquidos inmiscibles como el agua y el aceite. Para funcionar como emulsificantes, las proteínas deben migrar a la interfase, orientar sus cadenas laterales a las fases polar y no polar y formar una película estable alrededor del glóbulo de grasa; la habilidad de las proteínas para formar películas flexibles pero resistentes es fundamental para la estabilidad de la emulsión.

Según Hui *et al.* (2006); durante el procesamiento de los productos cárnicos hay factores que afectan la estabilidad de la emulsión, como son: El tamaño de partícula, donde una partícula demasiado pequeña necesitará grandes cantidades de emulsificante, hasta llegar a un punto en donde no hay suficiente cobertura de los

glóbulos de grasa lo que ocasionaría que la emulsión se rompa; el uso de grasas que poseen un punto de fusión alto permiten que la emulsión se forme más fácilmente, ya que las grasas en estado fluido (bajo punto de fusión) tienden a desestabilizar fácilmente la emulsión. Otro factor que afecta la estabilidad de la emulsión, es la temperatura del procesamiento, donde las operaciones de mezclado, ocasionan el calentamiento de la masa cárnica, si la temperatura excede 10°C, las proteínas empiezan a desnaturalizarse y las grasas pasan a un estado semi-fluido, lo que ocasiona que se desestabilice la emulsión.

La mayoría de los agentes emulsificantes consisten de moléculas que contienen grupos polares y no polares (Figura 6). Hay muchos tipos de agentes emulsificantes: proteínas, polisacáridos, fosfolípidos y ésteres de sorbitán de ácidos grasos.

Figura 6. Ejemplo de la estructura química de un emulsificante (Fennema, 2002)



b) El curado

Según Hui *et al.* (2006); Amerling (2001) y Fennema (2002), el curado participa en la conservación de la carne mediante la aplicación de cloruro sódico, sales de nitrito o nitrato, azúcares, fosfatos y otras sustancias como el glutamato monosódico, los cuales contribuyen a mejorar el sabor de los productos cárnicos.

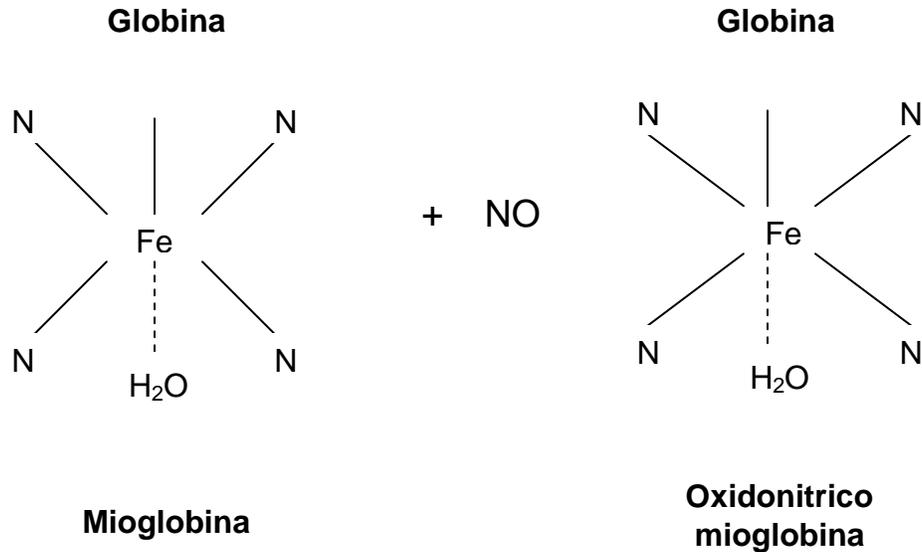
Los nitritos como verdaderos agentes de curado, ejercen un papel muy importante, ya que generan características que diferencian a los productos curados. En México los nitritos se deben adicionar siguiendo las estipulaciones de la Norma Oficial Mexicana (NOM-122-SSA1-1994 Bienes y servicios. Productos de la carne. Productos cárnicos curados y cocidos, y curados emulsionados y cocidos), los cuales no deben exceder 156 ppm. Autores como Amerling (2001); Fennema (2002) y Andújar (1998); señalan que los nitritos tienen varias funciones en el curado de la carne, entre las que se destacan: La inhibición del crecimiento de *Clostridium botulinum*, aunque en el caso de otros patógenos como *Listeria monocytogenes* su acción es eminentemente bacteriostática; desarrollan el típico color rosado de estos productos; inhiben el desarrollo del sabor a recocado, generan el sabor característico de los productos curados y ejercen cierta acción antioxidante en los productos cárnicos.

Uno de los aspectos más importantes de la química del curado es la reacción del nitrito con los hemopigmentos de la carne (mioglobina y hemoglobina); esta es una de las transformaciones más complejas debido a que el nitrito es altamente reactivo con los componentes de la carne y durante el almacenamiento puede seguir transformándose.

Sin embargo, Hui *et al.* (2006) y Fennema (2002) mencionan que el enrojecimiento de los productos cárnicos curados también obedece a un proceso enzimático que se desarrolla en tres etapas:

- a) **Primera etapa:** el nitrito provoca la oxidación de ferrocitocromo C a ferrocitocromo C nitroso, reacción que es catalizada por la enzima citocromo oxidasa.
- b) **Segunda etapa:** el grupo nitroso del ferrocitocromo C nitroso se traspasa a la metamioglobina originándose nitrosometamioglobina (NOMetMb), este proceso es provocado por la enzima nicotinamida adenina dinucleotido deshidrogenasa (NADH).
- c) **Tercera etapa:** en esta etapa, las enzimas mitocondriales (NADH-deshidrogenasas) reducen la nitrosometamioglobina a nitrosomioglobina, sobre todo cuando por la concentración de nitrito se produce una rápida oxidación de la oximioglobina o metamioglobina.

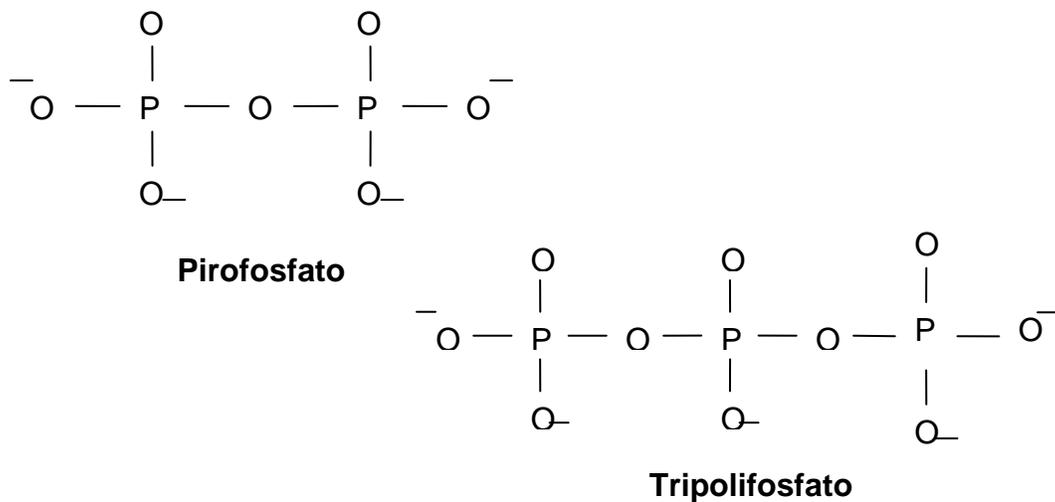
Figura 8. Reacción química básica del curado (Amerling, 2001)



La adición de fosfatos a las carnes crudas y cocidas incrementa la capacidad de retención de agua; el pH de la carne es cercano a 5.5, las proteínas miofibrilares se encuentran cerca de su punto isoelectrico (pI), donde las interacciones proteína-proteína son máximas y la solubilidad mínima. De este modo, los fosfatos alejan del pi a las proteínas, incrementando su solubilidad y la repulsión electrostática entre las cadenas peptídicas (Hui *et al.*, 2006; Amerling, 2001) así, el agua exterior disponible, puede entonces ser captada quedando inmovilizada dentro de la estructura proteínica distendida. En productos cárnicos como la salchicha; la Norma Oficial Mexicana (NOM-122-SSA1-1994 Bienes y servicios. Productos de la carne. Productos cárnicos curados y cocidos, y curados emulsionados y cocidos), establece que la incorporación de polifosfatos no debe ser mayor de 0.5%; estos compuestos (Figura 9) contribuyen a estabilizar la emulsión, y después de la cocción proporcionan una mayor cohesión a las

proteínas coaguladas. El tripolifosfato sódico ($\text{Na}_5\text{P}_3\text{O}_{10}$) es el compuesto más empleado en carnes, pollos y pescados procesados (Fennema, 2002). Según Amerling (2001), los fosfatos previenen los malos olores ya que actúan sinérgicamente con los antioxidantes evitando la oxidación de las grasas.

Figura 9. Iones fosfato usados en la preparación de productos cárnicos (Andújar, 1998)



Los fosfatos permiten que los jamones cocidos incrementen de 5 a 10% de su peso; manteniendo la superficie de corte seca y logran que las rebanadas sean lisas y regulares.

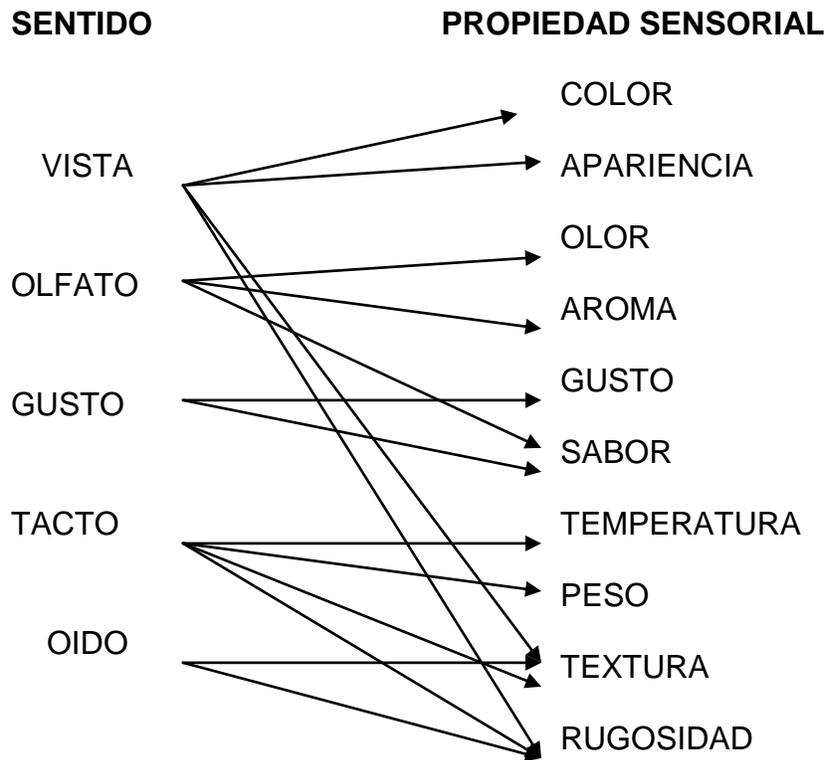
El ácido ascórbico o su isómero, el ácido eritórbico (más económico y estable), son comúnmente agregados a las pastas cárnicas como ascorbato de sodio y/o eritorbato de sodio. Funcionan principalmente como aceleradores del color rosado de los

productos curados, mediante la conversión del nitrito en ácido nítrico y el hierro de la mioglobina a hierro ferroso. Con estos aditivos, se logra además de acelerar el proceso de curado, un color y aroma más uniformes y estables durante las operaciones de almacenamiento (Hui *et al.*, 2006).

IV.4. PROPIEDADES SENSORIALES DE LA CARNE Y LOS PRODUCTOS CÁRNICOS

Las propiedades sensoriales son los atributos de los alimentos que se pueden detectar por medio de los sentidos (Anzaldúa, 1994). Hay algunas propiedades que se perciben por medio de un solo sentido, mientras que otras son detectadas por dos o más sentidos; a continuación en la Figura 10 se ilustra la relación entre los atributos sensoriales y los sentidos.

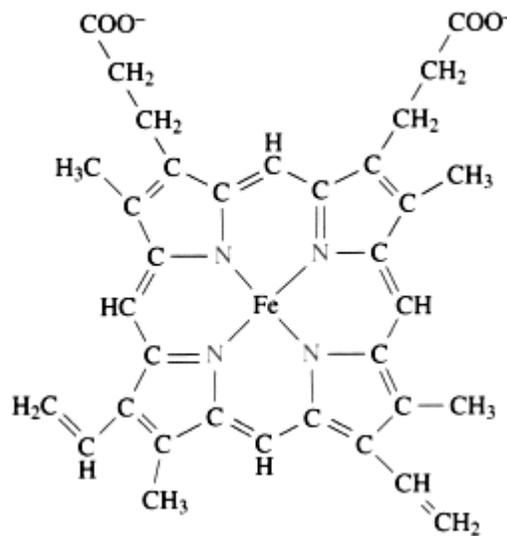
Figura 10. Relación entre los cinco sentidos y las propiedades sensoriales de los alimentos (Anzaldúa, 1994).



Cada una de estas propiedades sensoriales para los productos cárnicos, depende de diversos factores; entre los que se incluye, el tipo de alimentación y edad del animal, género, estado fisiológico, características post-mortem, porcentaje de lípidos, porcentaje de proteína, tipo y concentración de los aditivos en el caso de los productos cárnicos. Algunas propiedades como el color y la apariencia se pueden percibir por medio de un sentido, mientras que otras como el sabor y la textura son percibidas por dos o más sentidos, como el gusto, el tacto y el olfato.

El color ocupa un lugar preferente entre los factores que definen la calidad de un alimento, por lo tanto es uno de los parámetros de calidad que más influyen en la selección del consumidor. El color de la carne fresca es rojo brillante, el cuál es resultado de la presencia de dos proteínas: mioglobina y hemoglobina, en cuya estructura contienen un grupo porfirínico (Figura 11) conjugado con un metal de transición, principalmente hierro (Acevedo, 2004).

Figura 11. Grupo “hemo” presente en la mioglobina y la hemoglobina (Hui *et al.*, 2006)



Varios factores pueden afectar el color de la carne cruda, si al momento de la matanza, el contenido de glucógeno en el tejido muscular es anormalmente bajo, la carne tiende a ser oscura al presentar una estructura compacta y absorber más luz; a la carne que presenta esta características, se le conoce como DFD (dura, firme y seca por sus

siglas en inglés), generalmente causado por someter al animal a un periodo de estrés prolongado. El músculo PSE (pálido, suave y exudativo), es causado por una combinación de factores que estresan al animal momentos antes de la matanza. Tanto el músculo DFD y PFD son resultado de la conversión anaeróbica de glucógeno a ácido láctico; dando así, el pH final de la carne. El color de la carne y los productos cárnicos también puede verse alterado por otros factores como la exposición a la luz, el crecimiento microbiano, la rancidez y la exposición al oxígeno (Hui *et al.*, 2006).

El olor y el sabor son propiedades sensoriales de gran importancia para el consumidor, estas características sensoriales se intensifican después de aplicar un tratamiento térmico, dado que la carne cruda posee un sabor metálico similar al de la sangre, cuando la carne se somete a cocción suceden una serie de reacciones químicas entre aminoácidos, azúcares y lípidos, lo cual genera compuestos volátiles que imparten olor y sabor a la carne cocinada (Hui *et al.*, 2006). En la generación del olor en los productos cárnicos intervienen varios mecanismos químicos, entre ellos la reacción de Maillard, la cual ocurre cuando las proteínas desnaturalizadas de la carne se combinan con los azúcares presentes formando compuestos volátiles lo que desencadena diversos cambios de coloración. Sin embargo, los aldehídos provenientes de la oxidación de los lípidos son los constituyentes mayoritarios del aroma de la carne y los productos cárnicos.

La carne de cerdo y pollo contiene una mayor proporción de ácidos grasos insaturados, esto da lugar a una mayor proporción de aldehídos volátiles insaturados. En la carne caprina los aldehídos saturados son los compuestos que caracterizan su aroma y

sabor, estos aldehídos son el 2-metilpropanal, 3-metilbutanal, 2-metilbutanal, 2-metil-2-butanal y 1,2-metiltridecanal siendo este último compuesto el que se encuentra en mayor proporción y que es responsable del aroma y sabor de la carne caprina. Otros compuestos que caracterizan el sabor y olor de los productos caprinos son las pirazinas como la 2,5-dietil-3-metilpitazina y algunos tiazoles como el 2-acetiltiazol (Webb *et al.*, 2005; Madruga *et al.*, 2009).

Uno de los atributos sensoriales de mayor importancia en la carne es la textura. Según Szczesniak (2002) y Roudot (2004), la textura es un grupo de propiedades mecánicas, geométricas y superficiales que se manifiestan como resultado de haber sometido al alimento a un esfuerzo deformante, estas propiedades son detectadas a través de los sentidos de la vista, el oído y el tacto. Al ser la textura una propiedad sensorial, el ser humano es el mejor juez, sin embargo, es posible evaluar la textura a través de medios mecánicos. En el Cuadro 6, se definen mecánica y sensorialmente los parámetros de textura.

Cuadro 6. Parámetros de textura (Bourne, 1978; Szczesniak, 2002; Anzaldúa, 1994)

Parámetro	Mecánica	Sensorial
Dureza	Fuerza necesaria para deformar un alimento	Fuerza necesaria para comprimir un alimento entre los molares
Cohesividad	Qué tanto puede deformarse un material antes de romperse	Grado hasta el que se comprime un alimento entre los dientes antes de romperse
Elasticidad	Tasa a la cual un material deformado regresa a su condición inicial después de retirar la fuerza deformante	Extensión a la cual un alimento regresa a su forma original una vez que ha sido comprimido entre los dientes
Adhesividad	Trabajo necesario para vencer las fuerzas de atracción entre la superficie del alimento y la superficie de los otros materiales con los que el alimento entra en contacto	Fuerza requerida para retirar el material que se adhiere a la boca (generalmente al paladar) durante su consumo
Fracturabilidad	Fuerza ante la cual se fractura un material	Fuerza con la cual el alimento se desmorona, cruje o se estrella
Masticabilidad	Energía requerida para masticar un alimento hasta que esté listo para ser deglutido	Tiempo requerido para masticar el alimento hasta reducirlo a una consistencia adecuada para ser tragado
Gomosidad	Energía necesaria para desintegrar un alimento semi-sólido a un estado listo para deglutirlo	Densidad que persiste a lo largo de la masticación

La carne tiene la organización estructural más compleja de todos los alimentos, dicha estructura varía aún más durante el procesamiento y en función de su composición química y propiedades funcionales. El arreglo de los elementos estructurales y la resistencia que presentan a cualquier acción mecánica es denominado dureza primaria; en tanto que la dureza secundaria de la carne está relacionada con la cantidad de tejido conectivo y la formación de capas endomisiales y perimisiales que aumentan la dureza de la carne (Hui *et al.*, 2006).

La textura del alimento al ser evaluada sensorialmente, debe ser considerada en diferentes etapas; generalmente se recomienda evaluar la textura del alimento apretándolo con los dedos, después mordiéndolo, dándole un segundo mordisco, masticarlo y tragarlo (Anzaldúa, 1994).

La fuerza, deformación, desplazamiento, tiempo, volumen y energía, son características del perfil de textura de un alimento, que pueden ser evaluadas a través de métodos instrumentales. Dichos métodos, según Scott-Blair (1958), se clasifican en tres grupos:

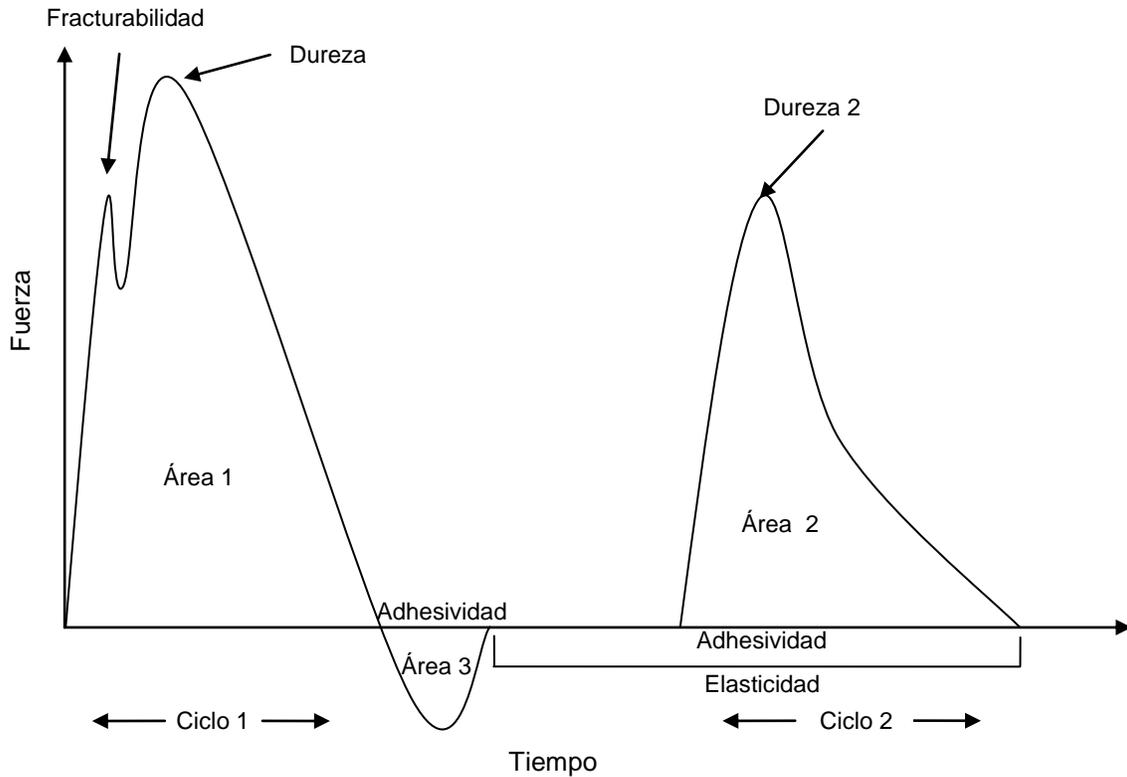
- a) **Ensayos empíricos**
- b) **Ensayos fundamentales**
- c) **Ensayos imitativos**

a) **Los ensayos empíricos** no tienen una base científica real, no están estrictamente definidos y suelen ser modificables; en estos ensayos se intenta determinar características como la firmeza o consistencia de algunos alimentos (Roudot, 2004).

b) Los ensayos fundamentales determinan las propiedades físicas innatas de los materiales, dichos ensayos son científicamente rigurosos, generalmente es posible describir el comportamiento reológico del alimento a través de ecuaciones parámetros y coeficientes involucrados en dicho comportamiento (Rosenthal, 2001); su aplicación esta enfocada principalmente al desarrollo y modificación de formulaciones alimenticias.

c) Los ensayos por imitación, son aquellos que intentan recrear de un modo experimental la masticación a través el empleo de un equipo que imita esta función, tiene la ventaja de ser el método que modela la acción de manera más cercana a lo real. El ensayo imitativo más importante es el Análisis de Perfil de Textura (TPA – Texture Profile Analysis) creado por General Foods a mediados de los años sesenta. El equipo utilizado para estos ensayos está equipado para proporcionar medidas de esfuerzo y/o deformación, los cuales pueden ser correlacionados con los valores sensoriales (Roudot, 2004 y Rosenthal, 2001). En la Figura 12, se ilustra la curva típica obtenida en un perfil de textura.

Figura 12. Curva típica de un perfil de textura (Bourne, 2005)



De la curva de perfil de textura, Bourne (2005), Szczesniak (2002) y Roudot (2004), señalan que se pueden estimar siete parámetros:

1. **Fracturabilidad**; la cual corresponde a la fuerza necesaria para la primera ruptura del material.
2. **Dureza**; es la fuerza máxima obtenida después de la primera compresión.
3. **Cohesividad**; determina la fuerza de los enlaces internos de la muestra, se obtiene a partir del cociente entre el área bajo la curva del segundo ciclo y el área bajo la curva del primer ciclo (A_2/A_1).

4. **Adhesividad**; es el resultado del área bajo la curva situada bajo el eje de las abscisas, representa el trabajo necesario para despegar la muestra de la placa de compresión (A_3).
5. **Elasticidad**; es la distancia medida entre el final del primer ciclo y el final del segundo ciclo.
6. **Gomosidad**; es el producto de la dureza por la cohesividad.
7. **Masticabilidad**; es el producto de la gomosidad por la elasticidad.

De este modo, el perfil de textura instrumental aporta una ayuda indiscutible en la apreciación de la textura de los alimentos; sin embargo, es necesario tener cuidado con la correlación de los resultados organolépticos y los instrumentales ya que no siempre presentan una correlación.

IV.5. INOCUIDAD DE LA CARNE Y LOS PRODUCTOS CÁRNICOS

En los alimentos, el tipo y cantidad de microorganismos presentes depende de varios factores como: el medio ambiente del cual se obtuvo el producto alimenticio sin procesar o en su estado crudo, las condiciones sanitarias bajo las cuales se manipuló y procesó y de las condiciones posteriores de empaque y almacenamiento (Hui *et al.*, 2006). En general, todos los alimentos contienen un cierto número y tipo de microorganismos, mismos que por razones de salud pública, estética y vida de anaquel, se deben mantener en niveles bajos.

Sin embargo, la presencia de microorganismos en cantidades bajas en el producto terminado no necesariamente significa que se cumplió con los procedimientos de las buenas prácticas de manufactura, ya que los pasos del procesamiento tales como: la fermentación, el calentamiento, la refrigeración y la congelación pueden reducir el número de microorganismos considerablemente, de tal forma, que para poder establecer los criterios de calidad microbiológica y sanitaria de los productos cárnicos, es importante conocer los tipos y niveles de microorganismos presentes en las diferentes etapas del proceso de elaboración del producto. Según Hui *et al.*, 2006, en la carne y los productos cárnicos, se distinguen cuatro grupos de microorganismos, los cuales se clasifican de acuerdo con las funciones que realizan:

1. **Microorganismos de descomposición:** son aquellos que no tienen propiedades patógenas, pero cuyo metabolismo causa alteraciones en los productos, lo que finalmente afecta la estética y vida de anaquel de los mismos.
2. **Microorganismos tolerables:** estos microorganismos no participan en alteraciones a la salud ni en la descomposición del producto, simplemente desarrollan una baja actividad metabólica debido a que no pueden multiplicarse bajo condiciones en las que se encuentran la carne y los productos cárnicos.
3. **Microorganismos benéficos:** son aquellos que debido a su metabolismo, influyen favorablemente sobre las materias primas y los productos terminados, contribuyendo con ello a mejorar la calidad y las propiedades sensoriales de algunos productos cárnicos.
4. **Microorganismos patógenos:** estos microorganismos son totalmente indeseables en la carne y sus productos cárnicos ya que amenazan la salud del hombre. Estos

microorganismos conforman un grupo muy diverso cuyos mecanismos de patogenicidad son muy variados y donde la dosis mínima infectante no es un valor único universal, ya que depende del estado nutricional y físico del huésped.

De acuerdo con Hui *et al.*, 2006, algunos microorganismos causantes de importantes toxoinfecciones alimentarias en la carne y los productos cárnicos pueden ser los siguientes:

- a) *Salmonella*; es una de las bacterias que ha causado mayor número de enfermedades transmitidas por los alimentos. Es una bacteria Gram negativa, anaeróbica facultativa con forma de bacilo, cuyo crecimiento óptimo es a 37°C y bajo un amplio intervalo de pH (4.5 – 9.5), suele permanecer viable en condiciones de congelación. Las infecciones en el humano provocan la llamada fiebre entérica o tifoidea.
- b) *Escherichia coli*; este microorganismos forman parte de la microflora normal de los tractos intestinales de humanos y animales de sangre caliente. Las diferentes cepas de *E. coli* suelen causar diarreas enterohemorrágicas por distintos mecanismos de patogenicidad, que dependen del serogrupo al que pertenezcan: O (somático), H (flagelo) y K (cápsula).
- c) *Clostridium botulinum*; es un bacilo Gram positivo, anaerobio y formador de esporas, las cuales durante su crecimiento producen diferentes neurotoxinas de acuerdo con el grupo serológico al que pertenezca la sepa. Estas neurotoxinas producen la enfermedad conocida como botulismo, la cual afecta directamente al sistema nervioso central, dependiendo del grado de infección, los síntomas van

desde náuseas, vómito, hasta la parálisis de los músculos respiratorios y la muerte por asfixia.

- d)** *Staphylococcus aureus*; es una bacteria Gram positiva, cuyas células características muestran una morfología de cocos agrupados en racimos. La intoxicación estafilocócica se debe a que dicho microorganismo produce enterotoxinas, las cuales son responsables de la intoxicación estafilocócica, cuyos síntomas característicos son la presencia de náuseas, vómito, calambres abdominales y ocasionalmente diarrea sin fiebre.

Es importante destacar que la contaminación bacteriana de la carne es un fenómeno de naturaleza superficial, ya que la parte muscular proveniente de los animales es estéril; en este sentido, son críticas las distintas etapas de la matanza, desposte y distribución; por lo que la flora inicial de las canales proviene fundamentalmente de bacterias fecales presentes en el suelo, en los operarios y en el equipo.

V. HIPÓTESIS

La carne de cabrito de pastoreo, podrá ser una alternativa para elaborar distintos productos cárnicos, mismos que presentarán características de valor nutrimental como alto contenido de proteína y bajo contenido de grasa, con una calidad sensorial apreciable, frente a las principales alternativas basadas en carne porcina.

VI. MATERIALES Y MÉTODOS

VI.1. MUESTRAS DE EMBUTIDOS

La carne de cabrito utilizada para la elaboración de los embutidos fue proporcionada por la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Autónoma de Guerrero. Los animales eran de raza criolla y fueron alimentados bajo pastoreo sobre una selva baja caducifolia en la comunidad de Las Querendas, ubicada en el km 3.0 de la carretera Altamirano-Iguala, municipio Pungarabato, la zona forma parte de la Región de Tierra Caliente en el Estado de Guerrero. Los cabritos tenían un peso vivo aproximado de 20 Kg al momento del sacrificio, los animales fueron sacrificados después de un periodo de engorda posterior a la época lluviosa en un rastro Tipo Inspección Federal (TIF), después de ser sacrificados, eviscerados y descarnado el esqueleto correspondiente a la canal, la carne resultante fue identificada por animal, unidad y peso, posteriormente esta se introdujo en una cámara de refrigeración bajo condiciones controladas (4 °C/24hrs) para llevar a cabo el proceso de maduración; posterior a este proceso, la carne se conservó en congelación a -18 °C. Para la elaboración de los embutidos, la carne de cabrito fue descongelada en una cámara de refrigeración 12 horas antes de ser utilizada.

Para comparar las características nutrimentales y sensoriales de los embutidos elaborados, con respecto a embutidos comerciales, se consultó la página de la Procuraduría Federal del Consumidor (PROFECO). Estudios de calidad para jamón y

salchicha (http://www.profeco.gob.mx/revista/pdf/est_01.asp) para seleccionar aquellos embutidos (jamón y salchicha) que estuvieran elaborados a base de carne de cerdo, en cuya formulación no se empleara carne de otros animales como pudiera ser pavo, pollo o res. En el caso del jamón, se seleccionó una marca de jamones exclusivamente de pierna de cerdo y que presentan puntajes de 90-100 en el análisis de calidad de acuerdo a su formulación. Para elegir la muestra control de salchicha, se seleccionó una marca de salchicha tipo Viena con las características antes mencionadas y que presentan puntajes 90-100 en el análisis de calidad de acuerdo a su formulación.

VI.1.1. ELABORACIÓN DE SALCHICHA

Para garantizar las buenas prácticas de higiene se emplearon guantes desechables, cofia y cubre boca durante todas las etapas del proceso. Todo el equipo fue lavado y desinfectado con solución detergente e hipoclorito, antes y después de ser utilizado, para evitar la contaminación del producto. Para evitar el deterioro lípidico de la grasa de cerdo empleada como aditivo, esta fue adquirida en una carnicería un día antes de ser utilizada, manteniéndose a temperatura de refrigeración (4°C). En el cuadro 7, se muestran los ingredientes y cantidades empleadas para la elaboración de salchicha de cabrito.

Cuadro 7. Formula para elaborar salchicha de cabrito

Ingredientes	Cantidad (g)
Carne magra de cabrito	3000
Grasa de cerdo (Lardo)	780
Hielo picado	1500
*Harina de trigo	420
Sal de mesa	120
*Consomé de pollo	60
*Cebolla en polvo	30
*Pimienta blanca	12
*Sal de cura (Premier)	24
*Eritorbato de sodio 316	12
*Fosfatos (Hamine)	24
*Glutamato de sodio 621	6
*Rosa líquido	2 mL

*Aditivos de la marca McCormick Pesa

a) Descongelación y acondicionamiento de la carne

Para la elaboración del producto, fue necesaria la descongelación de la carne de cabrito, lo cual se llevó a cabo trasladando a una cámara de refrigeración (4°C) durante 12 horas. La carne descongelada se limpió retirando el exceso de tejido conectivo, la grasa y finalmente enjuagando con agua potable para quitar cualquier materia extraña.

b) Molienda

Se utilizó una picadora de carnes marca Hobart Dayton modelo 84181 para moler la carne de cabrito, la tercera parte del hielo, la sal y la sal de cura premier. El tiempo de molienda fue aproximadamente de 5 minutos. En esta parte del proceso se verificó con un termómetro (KIMAX, modelo 67068) que la temperatura no superara los 7 °C.

c) Adición de la grasa

Con el equipo de picado funcionando, se adicionó la grasa de cerdo previamente picada en pequeños trozos. Debido a la fricción de las cuchillas la temperatura se incrementó 2 °C aproximadamente, por lo que la grasa pasó de un estado sólido a semisólida, lo que facilitó el picado y con esto se mejoró la estabilidad de la emulsión.

d) Adición de hielo

Sin detener el equipo de picado, se incorporó la segunda parte del hielo con lo que la grasa redujo su volumen para evitar que ésta se separe de la proteína. A los 30 segundos aproximadamente, se adicionó la harina de trigo, lo cual provocó la formación de una pasta emulsificada.

e) Adición de condimentos y sales

Sin detener la picadora, se adicionaron las especias y condimentos (consomé de pollo, cebolla en polvo, pimienta, eritorbato y glutamato de sodio) se continuó mezclando durante aproximadamente 2 minutos para lograr obtener una pasta homogénea. Finalmente se incorporó el último tercio del hielo y los fosfatos, finalizando el mezclado por 1 minuto más.

f) Embutido

Esta operación se llevó cabo en la parte del equipo (Hobart Dayton 84181) que corresponde al molino de carnes, el cual se adaptó con una boquilla (35 mm de diámetro) para realizar la operación de embutido, la pasta colectada de la picadora se colocó en el fondo del molino con ayuda de una cuchara, y se procedió a embutir la pasta en fundas artificiales de celulosa (23 x 100 mm. Fabpsa EA-102), atando los extremos de forma manual y considerando que el largo de cada salchicha fuera de aproximadamente 15 cm.

g) Cocción

Para la cocción las salchichas se colocaron en 10L de agua caliente (70 °C) el tiempo estimado de cocción fue de 60 minutos. Con esta operación se coagularon las proteínas, se gelificó el almidón y se desarrolló el color del producto.

h) Choque térmico

Una vez que se llevó a cabo el proceso de cocción, las salchichas fueron colocadas en un recipiente plástico amplio que contenía agua y hielo (3°C) durante aproximadamente 5 minutos.

i) Pesado y empaçado

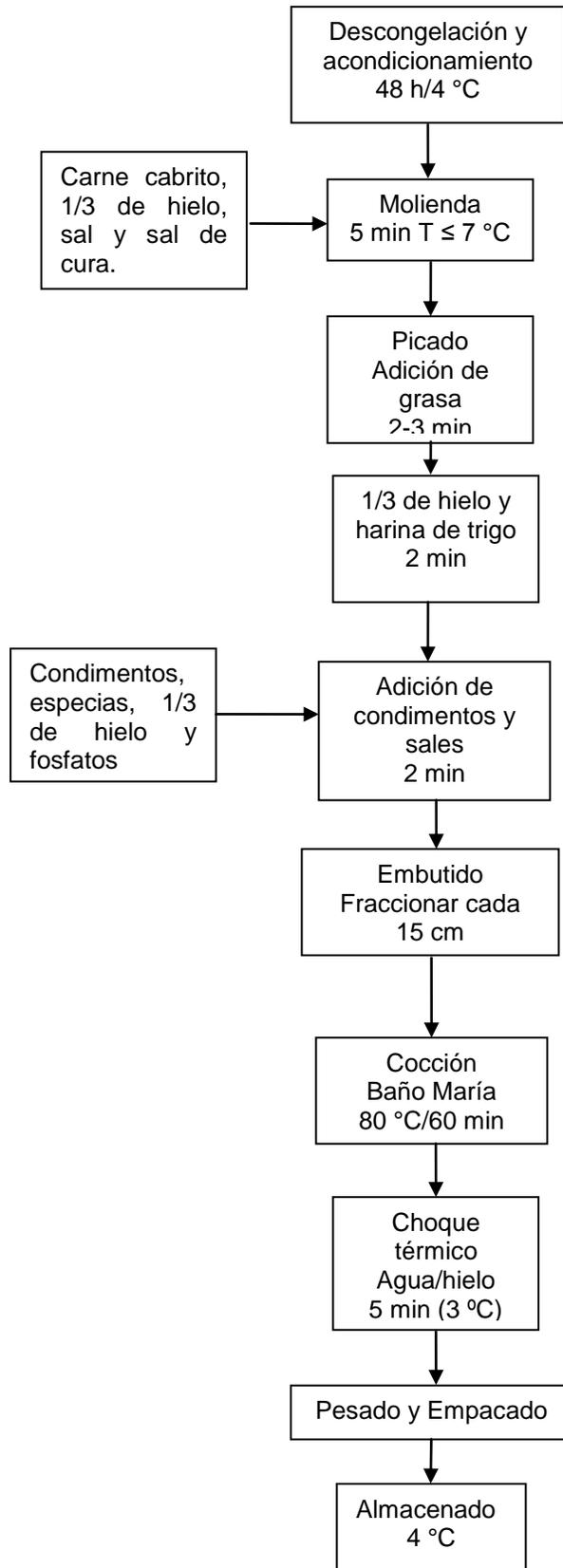
Después de separar la funda de celulosa de cada una de las salchichas, éstas fueron empacadas en bolsas plásticas teniendo precauciones (guantes, cofia y cubre boca) para no contaminar el producto, y se procedió a pesar el lote de salchichas en una balanza granataria (ESHER modelo 2000/100).

j) Almacenado

Finalmente se almacenó el producto en una cámara de refrigeración. La temperatura de almacenamiento fue de 4 °C.

En el Diagrama 1, se presenta un resumen del proceso de elaboración de salchicha de cabrito.

Diagrama 1. Elaboración de salchicha de cabrito



VI.1.2. ELABORACIÓN DE JAMÓN

En el Cuadro 8 se muestran los ingredientes y cantidades para elaborar jamón de cabrito.

Cuadro 8. Formula para elaborar jamón de cabrito

Ingredientes	Cantidad (g)
Carne magra de cabra	3000
Agua	1735 mL
Sal de mesa	65
Azúcar refinada	20
*Sal de cura (Premier)	60
*Fosfatos (Hamine)	45
*Condimento para jamón	30
*Eritorbato de sodio 316	25
*Glutamato de sodio 621	1
*Rosa líquido	1 mL

*Aditivos de la marca McCormick Pesa

A. Preparación de la carne

Para la elaboración de este producto, fue necesaria la descongelación de la carne de cabrito, lo cual se llevó a cabo trasladando a una cámara de refrigeración (4 °C) durante 12 horas. Una vez descongelada la carne, se procedió a hacer una limpieza, lo cual

consistió en retirar el exceso de tendones, la parte grasa de la carne y finalmente realizar un enjuague de la carne con agua potable para quitar cualquier materia extraña que pudiera estar presente; posteriormente se hizo pasar la carne por la picadora de carne (Hobart Dyton 84181) durante 5 minutos aproximadamente, esto con el fin de lograr una apariencia más homogénea en el producto final, además de romper parcialmente las fibras musculares, lo que mejora la capacidad de retención de agua.

B. Preparación de salmuera

En una balanza analítica (OHAUS modelo E16120) se pesaron los siguientes ingredientes: sal de mesa, sal de cura, azúcar refinada, colorante (rosa líquido), condimento para jamón, agua, eritorbato y glutamato de sodio. Los ingredientes se colocaron en un vaso de precipitados de 3 L (KIMAX) para formar una mezcla, la cual se agitó usando una cuchara de aluminio para disolverlos completamente. En el caso de los fosfatos, se disolvieron por separado en un vaso de precipitados de 400 mL (KIMAX) usando una tercera parte del agua y posteriormente se adicionaron con agitación al resto de la salmuera, esto con el fin de evitar que precipitaran.

C. Curación de la carne

La carne y la salmuera se mezclaron en el recipiente plástico con tapa (limpio y seco), la mezcla carne-salmuera fue tapada para evitar contaminaciones y se colocó en refrigeración durante 18-24 horas.

D. Forjado

En una balanza granataria (ESHER modelo 2000/100) se pesó 1 kg de la mezcla carne-salmuera, se colocó en bolsas termoencogibles de 14 x 28 pulgadas (Alimempaques. Food Pack) y se introdujeron en el molde metálico para jamón (capacidad 1Kg, sin marca), el cual fue cerrado manualmente tratando de ejercer la mayor presión posible.

E. Cocción

Los moldes que contenía la carne fueron colocados en un recipiente metálico que contenía agua a 80 °C en cantidad suficiente, de tal manera que el agua cubría los moldes completamente. El tiempo de cocción fue de 90 minutos.

F. Choque térmico

Al terminar la cocción, se sacaron los moldes del agua y se enfriaron en un baño de agua-hielo (3 °C) durante 5 minutos.

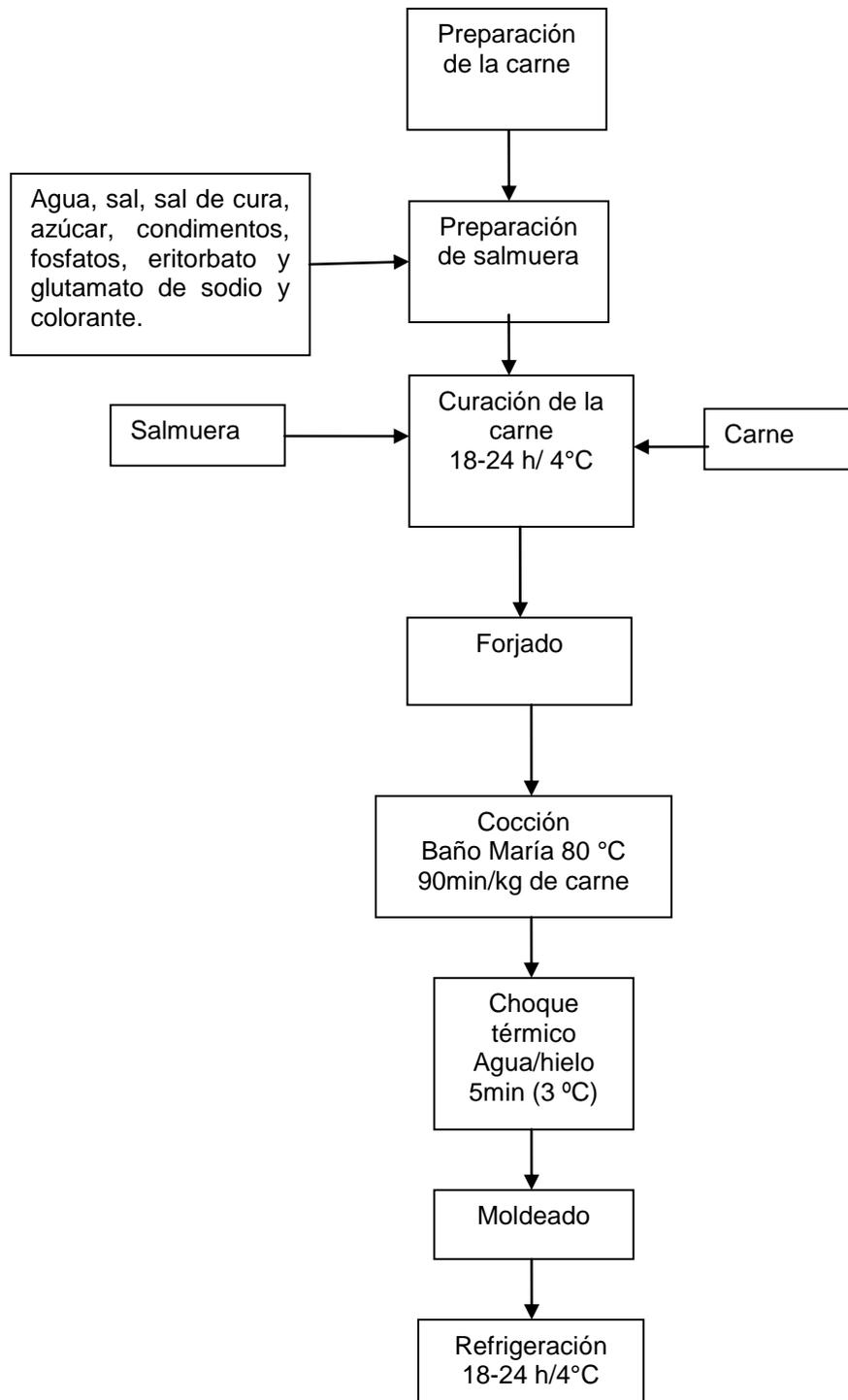
G. Moldeado

Las piezas fueron sacadas de los moldes, se voltearon y se volvieron a tapar

H. Refrigeración

Las piezas dentro del molde, se colocaron en la cámara de refrigeración durante 18-24 horas; transcurrido este tiempo se sacó el producto del molde y se empacó en bolsas plásticas, se anotaron fecha de elaboración y número de lote en el exterior y fueron conservadas en una cámara de refrigeración a 4 °C. En el Diagrama 2, se muestra un resumen de l proceso para elaborar jamón de cabrito.

Diagrama 2. Elaboración de jamón de cabrito



VI.2. ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO DE LA CARNE DE CABRITO Y EMBUTIDOS

El análisis microbiológico de los embutidos de cabrito se realizó de acuerdo con la Norma Oficial Mexicana NOM-122-SSA1-1994. Bienes y servicios. Productos de la carne. Productos cárnicos curados y cocidos, y curados emulsionados y cocidos. Especificaciones sanitarias.

a) Preparación de la muestra

El procedimiento para el análisis microbiológico se llevó a cabo de acuerdo a los procedimientos recomendados en la Norma Oficial Mexicana (NOM-110-SSA1-1994 Bienes y servicios. Preparación y dilución de muestras de alimentos para su análisis microbiológico), para lo cual se pesaron 10 gramos de cada una de las muestras (carne de cabrito descongelada o embutido) en una bolsa plástica estéril de cerrado hermético, a la cual se le agregaron 90 mililitros de agua peptonada estéril (diluyente) según la determinación a realizar. Después se homogeneizó durante 2 minutos en un Stomacher 80 Laboratory Blender (Seward Medical, London, UK), dando como resultado una suspensión homogénea, la cual correspondió a la dilución primaria. Posteriormente se realizaron diluciones, transfiriendo 1 mililitro de la dilución primaria a un tubo con 9 mililitros del diluyente, llevándose a cabo la misma operación para las diluciones subsecuentes (1:100).

b) Determinación de mesófilos aerobios

Esta determinación se llevó a cabo de acuerdo a los procedimientos especificados en la Norma Oficial Mexicana (NOM-092-SSA1-1994 Método para la cuenta de bacterias aerobias en placa). Se rotularon las cajas Petri, y posteriormente se inocularon con 1 mL de la muestra correspondiente, a continuación se vertió el agar cuenta en placa (DIFCO 247940); la homogeneización del sembrado se realizó con ayuda de una superficie lisa y horizontal mediante 6 movimientos de derecha a izquierda y 6 movimientos de atrás hacia adelante. Se incubó en la estufa de incubación (Steri-cult incubator Forma Scientific) por 48 horas a 37 °C. Transcurrido este tiempo se realizó el conteo correspondiente tomando en cuenta sólo las cajas que contenían entre 25 y 250 colonias desarrolladas que tuvieran las siguientes características físicas: puntiformes, circulares, con borde entero, ondulado, con elevación plana, convexa o rugosa, textura viscosa o seca, color blanquecino o amarillo.

c) Determinación de *Salmonella sp*

Para determinar la presencia de *Salmonella sp*, se empleó el método reportado por la Norma Oficial Mexicana (**NOM-114-SSA1-1999** Método para la determinación de salmonella en alimentos), **realizándose** un preenriquecimiento con 25 g de cada una de las muestras y 225 mL de caldo lactosado (DIFCO 211835). Se determinó y ajustó el pH a 6.8 ± 2 con hidróxido de sodio 1 N, la muestra se incubó a 37 °C durante 24 horas. Pasado este tiempo se agitaron cada uno de los frascos que contenía las muestras y se inoculó 1 mL usando pipetas estériles de 10 mL en tres diferentes

medios de enriquecimiento: caldo tetrionato (DIFCO 210430), caldo selenito con cistina (DIFCO 0275-15) y caldo vassiliadis-rappaport (DIFCO 218581); posteriormente las muestras se incubaron por 18 horas a 35 °C; al término de este periodo se tomaron 100 µL de cada uno de los tubos y se sembraron por estriamiento en tres medios diferenciales: agar xilosa lisina desoxicolato (DIFCO 8322429), agar verde brillante (OXOID CM0263B) y agar *Salmonella-Shigella* (OXOID CM0099).

d) Determinación de *Staphylococcus aureus*

Se llevó a cabo mediante una selección de las colonias que presentaran características morfológicas semejantes a las que reporta *Staphylococcus aureus* en el medio agar sangre carnero (puntiformes, blancas y α-hemolíticas), una vez realizada la selección de las colonias, la identificación se llevó a cabo usando el equipo de identificación automática Vitek (Biomérieux modelo Compact 2).

e) Determinación de *Escherichia coli*

Esta determinación se llevó a cabo mediante la técnica de extensión en superficie usando el medio agar Mc. Conkey (OXOID CM0007). Se rotularon las cajas Petri, y posteriormente se le adicionaron 100 µL del inóculo correspondiente; la homogeneización se llevó a cabo usando una varilla metálica con movimientos horizontales, verticales, atrás y hacia adelante. Se incubaron en la estufa de incubación (Steri-cult incubator Forma Scientific) por 24 ± 2 horas a 37.0 ± 2.0 °C. Transcurrido este tiempo se realizó el conteo tomando en cuenta sólo las cajas que contenían entre

25 y 250 colonias desarrolladas ya fueran lactosa positivo, lactosa negativo, puntiformes, circulares, con borde entero, ondulado, con elevación plana, convexa o rugosa, textura viscosa o seca. Una vez realizado el conteo de colonias, se identificó cada uno de los tipos de colonias desarrolladas en este medio; esta identificación se llevó a cabo mediante pruebas bioquímicas (Rojo de metilo, Voges-Proskauer, citrato de Simons, prueba del indol, prueba de la ureasa y prueba de producción de ácido sulfúrico), su posterior confirmación se realizó usando el equipo de identificación automática Vitek (Biomérieux modelo Compact 2).

f) Determinación de hongos y levaduras

Esta determinación se llevó a cabo según la Norma Oficial Mexicana (NOM-111-SSA1-1994 Método para la cuenta de mohos y levaduras en alimentos) usando el medio agar papa dextrosa (DIFCO 213400) acidificado hasta pH 3.5 con ácido tartárico. Se rotularon las cajas Petri, posteriormente se le adicionó 1 mL del inóculo correspondiente y finalmente se vació el agar papa dextrosa a 45 °C, la homogeneización se llevó a cabo en una superficie lisa y horizontal mediante 6 movimientos de derecha a izquierda y 6 movimientos de atrás hacia adelante. Se incubaron en la estufa de incubación (Steri-cult incubator Forma Scientific) por 3 y 5 días a 25.0 ± 1.0 °C. Transcurrido este tiempo se realizaron las lecturas correspondientes tomando en cuenta las cajas que contenían entre 10 y 150 colonias desarrolladas cuyas características fueran las siguientes: circulares grandes y de consistencia cremosa o seca, algodonosas, aterciopeladas, de color verde, blanco, amarillo o naranja.

VI.3. COMPOSICIÓN QUÍMICA DE EMBUTIDOS DE CABRITO

La composición química (humedad, cenizas, proteína y energía bruta) de los embutidos fue analizada siguiendo la metodología del AOAC (2003). Donde el contenido de humedad se determinó gravimétricamente empleando una estufa de secado por 24 horas a 100 °C. La determinación de cenizas se realizó mediante la calcinación de las muestras en la mufla durante 4 horas a 550 °C. El contenido de proteína de las muestras se determinó a partir del contenido de nitrógeno total mediante el método de Kjeldahl. Finalmente el valor energético de las muestras fue obtenido directamente, mediante el empleo de una bomba calorimétrica (Marca Parr modelo 6400).

a) Lípidos totales

La determinación de lípidos totales se realizó de acuerdo al procedimiento sugerido por Folch *et al.* (1957); se pesó 1 g de muestra y se colocó dentro de un tubo para centrifuga de 50 mL con rosca, se agregaron 15 mL de una solución de cloroformo-etanol en una proporción 1:1, realizando una primera adición de 5 mL y agitándose durante 1 minuto; posteriormente se adicionaron 10 mL de la misma solución y se agitó durante 1 minuto más, y se dejaron en reposo durante 24 horas en refrigeración.

Posteriormente, se filtró sobre un embudo de tallo largo con papel filtro Whatman No. 42 sobre el cual se colocó 1 g de sulfato de sodio anhidro (J. T. Baker), para eliminar la humedad. El filtrado se recibió en un tubo para centrífuga de 50 mL con tapa,

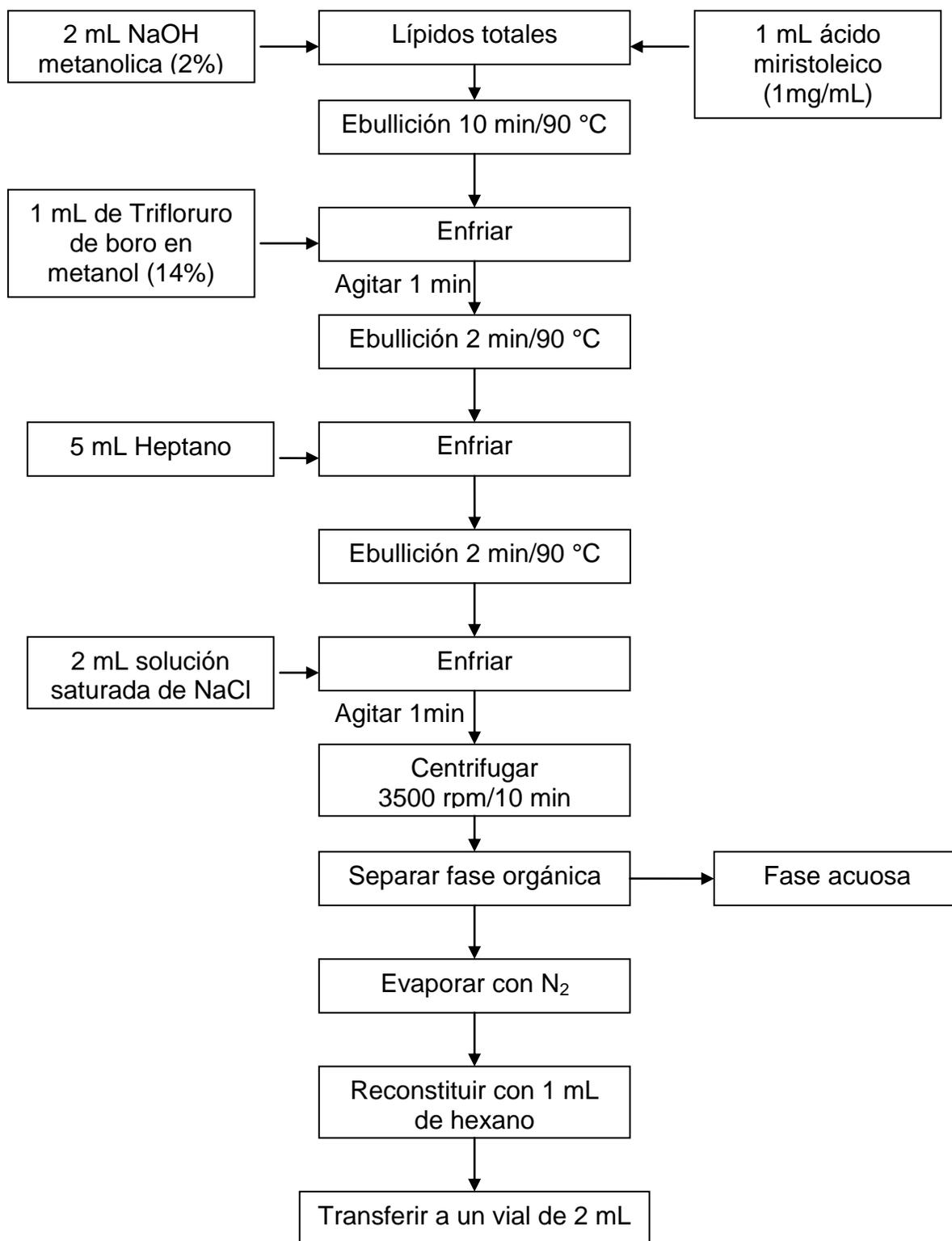
previamente purgado con cloroformo, rotulado y pesado. El sulfato de sodio se enjuagó tres veces con 5 mL de la solución cloroformo:etanol en una proporción 1:1. Finalizado el filtrado, la solución de solventes se evaporó con gas nitrógeno en baño María a 60 °C hasta sequedad. A continuación se colocaron los tubos a temperatura ambiente; una vez atemperados, los tubos fueron limpiados externamente para ser pesados y por diferencia de peso se calculó el material lípidico obtenido.

b) Determinación del perfil de ácidos grasos

Para esta determinación se empleó la muestra que se obtuvo a través de la extracción de lípidos. A partir de este paso se prosiguió con la metodología para ácidos grasos descrita en el método oficial 969.33 del AOAC (2003) ilustrada en el Diagrama 3.

Para determinar el perfil de ácidos grasos se inyectó 1 µL del extracto obtenido en un cromatógrafo de gases (Varian CP3380), equipado con detector de ionización de flama. Las condiciones de operación fueron: columna capilar (DB 23), recubierta internamente de una película de cianopropil-metilpolisiloxano como fase estacionaria de 0.25 µm, una longitud de 30 m, y diámetro interno de 0.25 mm y automuestreador (CP8400). Las condiciones cromatográficas fueron: temperatura de inyección de 250 °C, y la del detector de 300 °C, gas acarreador nitrógeno con un flujo de 30 mL/min con un tiempo total de corrida de 30 min.

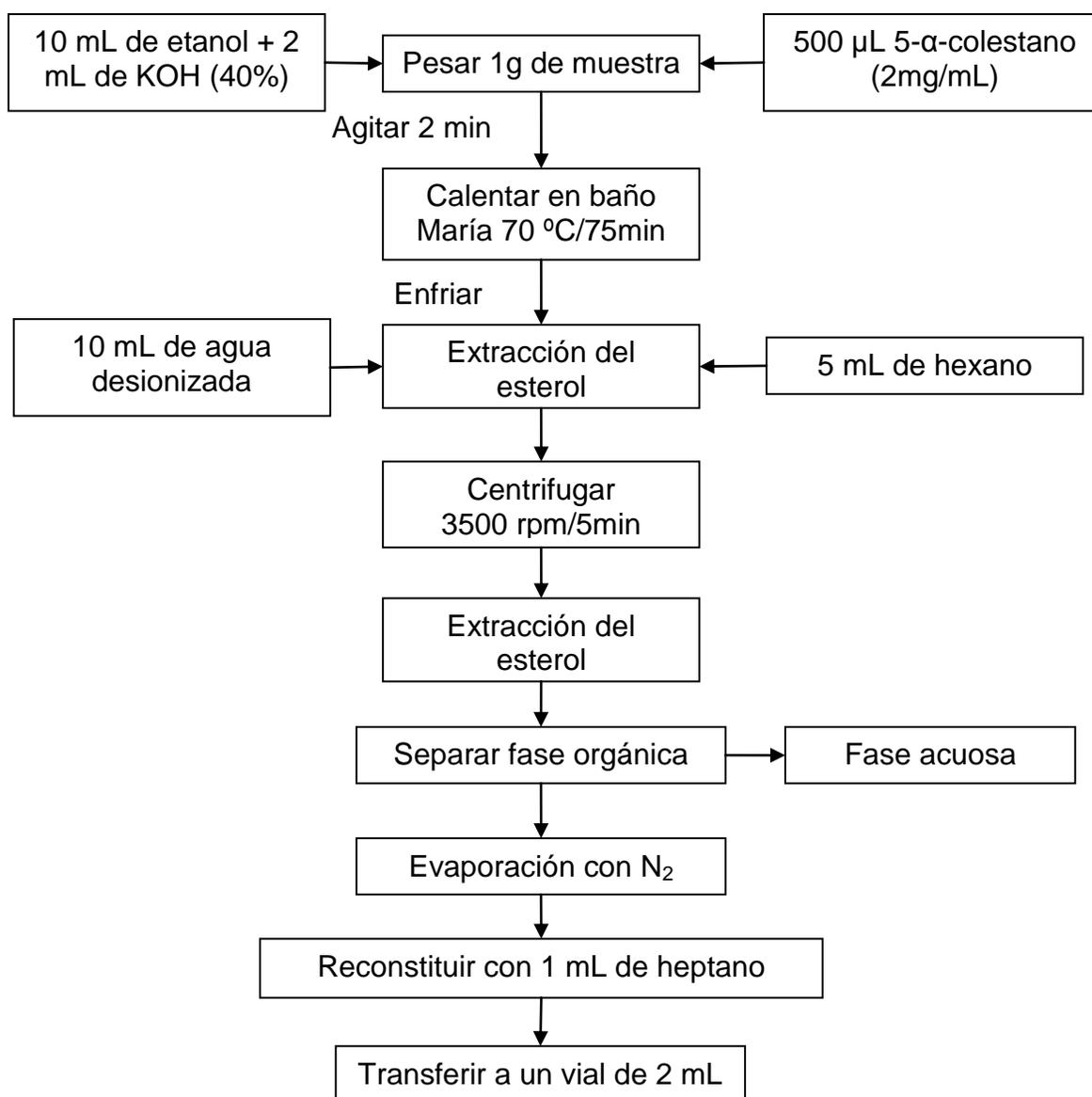
Diagrama 3. Preparación de la muestra para determinar el perfil de ácidos grasos



c) Determinación de colesterol

La determinación de colesterol se llevó a cabo mediante la metodología propuesta por Fenton y Sim (1991) ilustrada a continuación en el Diagrama 4.

Diagrama 4. Preparación de la muestra para la determinación de colesterol



Para la cuantificación de colesterol, se inyectó 1 μL de la muestra reconstituida en un cromatógrafo de gases (Varian CP3380) con detector de ionización de flama, con las siguientes características cromatográficas: columna capilar DB-5, con una película de 1 μm de 5% de fenil-metilpolisiloxano como fase estacionaria, longitud de 3 m y un diámetro interno de 0.25 mm; un automuestreador (CP8400). El tiempo de retención total fue de 10 minutos. Se utilizó nitrógeno como gas acarreador con un flujo de 30 mL/ min

VI.4. EVALUACIÓN SENSORIAL DE EMBUTIDOS DE CABRITO

Los embutidos fueron evaluados mediante una prueba de nivel de agrado utilizando una escala hedónica estructurada de cinco puntos (1 = disgusta mucho y 5 = gusta mucho).

a) Presentación de las muestras

La preparación de las muestras se llevó a cabo en el área de evaluación sensorial del Departamento de Ciencia y Tecnología de los alimentos ubicado en la Dirección de Nutrición del INCMNSZ. Los jamones fueron cortados en cubos de 1.5 x 1.5 x 1.5 cm, las salchichas se cortaron en rodajas de 0.5 cm de espesor, todas las muestras se ofrecieron sin haber sido sometidas a ningún tratamiento culinario. Las muestras fueron presentadas ante los jueces colocándose sobre platos desechables debidamente etiquetados con un número de tres dígitos elegido aleatoriamente para cada muestra. Cabe mencionar que a cada juez se le proporcionó agua y pan blanco para comer entre muestra y muestra.

b) Jueces

La población que realizó la evaluación, correspondió a 68 jóvenes estudiantes no entrenados entre 18-20 años de edad que asistieron a las evaluaciones sensoriales programadas en el área de evaluación sensorial ubicada en la Dirección de Nutrición del INCMNSZ. Estas personas no conocían la problemática del estudio, solamente se les explicó el procedimiento de la prueba. En el Anexo 1, se muestra un ejemplo del cuestionario aplicado a los jueces.

VI.5. DETERMINACIÓN DEL PERFIL DE TEXTURA DE EMBUTIDOS DE CABRITO

Para la realización de esta determinación, las muestras fueron cortadas en cilindros de 2 cm de diámetro x 2 cm de altura, utilizando un Vernier (Metro Mex. Modelo 222) y un sacabocados (Palmer Instrument 2 cm). Posteriormente, las muestras fueron analizadas en el equipo Sintech 1/S (Material Testing Systems. USA). Las condiciones de operación fueron: velocidad 50 mm/min y 35% de compresión.

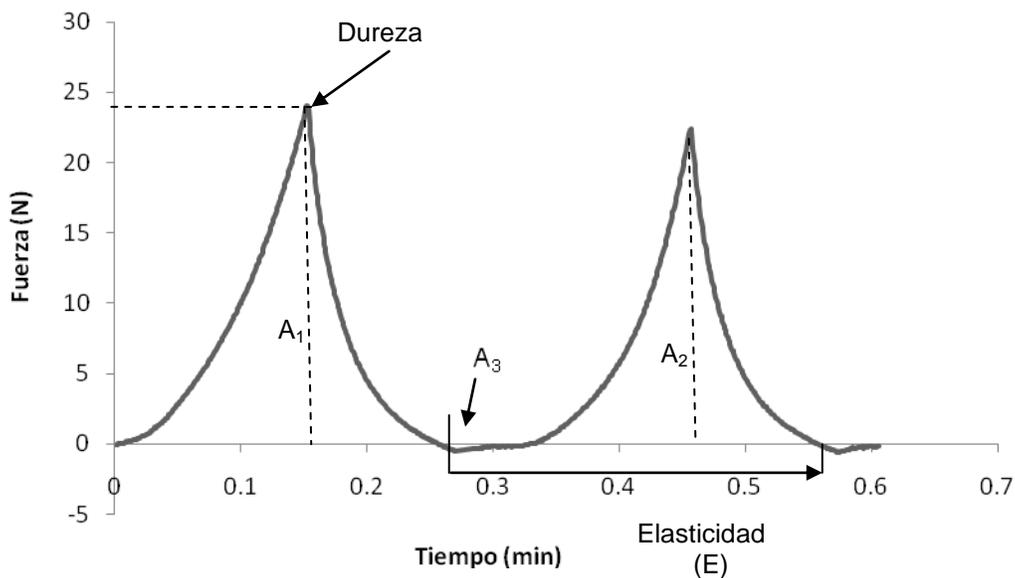
Esta determinación fue realizada en el Laboratorio 313 del edificio E, en la Facultad de Química de la Universidad Nacional Autónoma de México.

a) Determinación de los parámetros de textura

Los parámetros de textura: dureza, cohesividad, elasticidad, gomosidad y masticabilidad; fueron determinados de acuerdo a las recomendaciones de Bourne

(1978) y Szczesniak (2002) a partir de la curva obtenida como resultado de graficar los datos de fuerza (Newtons) en función del tiempo (minutos) proporcionados por el equipo, donde la dureza corresponde a la mayor fuerza alcanzada durante el primer ciclo. La Figura 13, es una representación esquemática del perfil de textura de los embutidos de cabrito.

Figura 13. Perfil de textura de los embutidos



En la Figura 13, se puede observar que la elasticidad (E) esta dada por la distancia desde el final del primer ciclo hasta el final del segundo ciclo. Para calcular esta distancia partimos de la ecuación 1.

$$d = v \cdot t \tag{1}$$

Donde:

d = distancia en milímetros (mm)

v = velocidad en milímetros por minuto (mm/min)

t = tiempo en minutos (min)

De acuerdo con Bourne (1978) y Szczesniak (2002), la cohesividad está dada por el cociente del área bajo la curva 2 (A_2) entre el área bajo la curva 1 (A_1); ecuación 2:

$$C = \frac{A_2}{A_1} \quad (2)$$

Donde:

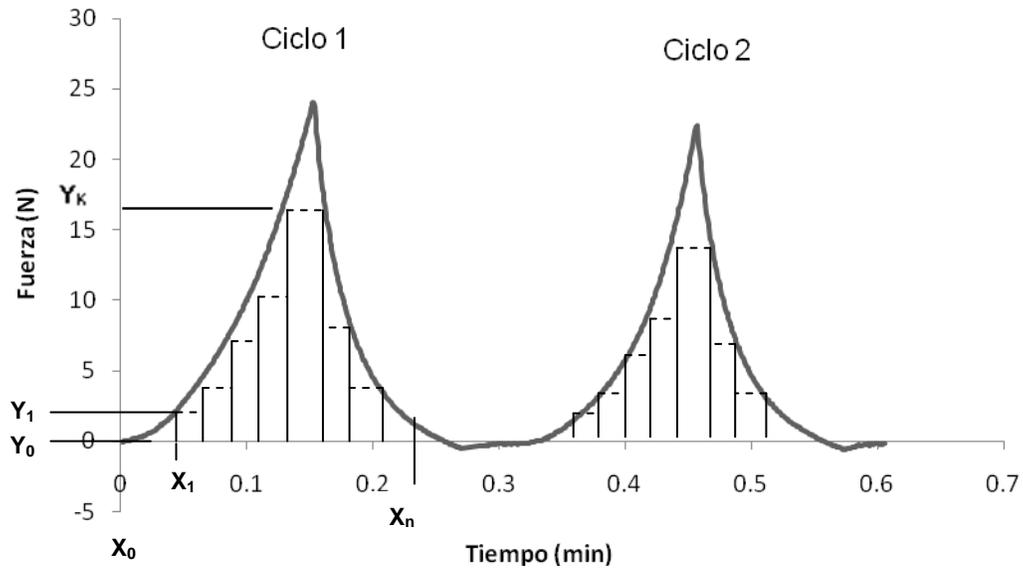
C = cohesividad (adimensional)

A_2 = área bajo la curva del segundo ciclo (N·s)

A_1 = área bajo la curva del primer ciclo (N·s)

La determinación del área en ambas curvas se realizó mediante el método del *Polígono rectangular inscrito*, descrito por Thomas y Finney (1987) y Swokowski (1989), donde el área bajo la curva está dada por la suma de las áreas de los n rectángulos componentes (Figura 14).

Figura 14. Área bajo la curva



Para la determinación del área en cada ciclo, las curvas obtenidas por cada una de las muestras analizadas se dividieron en 16 rectángulos por ciclo. En este sentido, el área en cada uno de los ciclos esta dada por la ecuación 3:

(3)

$$A = \sum_{i=1}^n \left[(\Delta x \cdot (Y_k - Y_0)) + \left(\frac{\Delta x \cdot \Delta y}{2} \right) \right]$$

Donde de acuerdo con la Figura 14, Δx esta dada por la diferencia de $[X_n - X_{n-1}]$ y ΔY es igual a la diferencia de $[Y_k - Y_{k-1}]$.

Finalmente la gomosidad y la masticabilidad son características que derivan de la determinación de los parámetros anteriores, donde la gomosidad es el producto de la dureza 1 por la cohesividad, ecuación 4:

$$G = D_1 \cdot C \quad (4)$$

Donde:

G = gomosidad en Newtons (N)

D₁ = dureza en Newtons (N)

C = cohesividad (adimensional)

La masticabilidad se determinó a partir del producto de la gomosidad por la elasticidad o bien, es el producto de la dureza por la cohesividad por la elasticidad, ecuación 5:

$$M = G \cdot E \quad (5)$$

Donde:

M = masticabilidad en Joules (J)

G = gomosidad en Newtons (N)

E = elasticidad en metros (m)

VI.6. ANÁLISIS ESTADÍSTICOS

Los resultados obtenidos de las determinaciones químicas, físicas y sensoriales de los embutidos estudiados fueron procesados en el programa estadístico Statistical Analysis System (1996) empleando una prueba de hipótesis; para conocer las diferencias entre

las medias se realizó el análisis de la varianza estableciéndose un coeficiente de confianza del 99 %, mediante el siguiente modelo estadístico:

$$H_0: \mu_{\text{Embutidos de cabrito}} \neq \mu_{\text{Embutidos de control}}$$

$$H_i: \mu_{\text{Embutidos de cabrito}} = \mu_{\text{Embutidos de control}}$$

Donde:

H_0 : hipótesis nula

H_i : hipótesis alterna

μ : medias

VII. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

VII.1. ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO DE LA CARNE DE CABRITO Y EMBUTIDOS.

Previo al análisis microbiológico de la materia prima, se realizó una inspección de la misma, la cual inició haciendo un análisis visual y organoléptico (color, olor, textura y frescura); donde la carne presentó un olor característico, libre de materia extraña, con una temperatura de 4 °C y un pH 5.8 - 6.2. De acuerdo con estos resultados, la materia prima cumplió con las especificaciones establecidas en el Manual de Buenas Prácticas de Manufactura y Procedimiento Operacional de Sanitización Estándar para la Industria (SAGARPA 2009).

Se realizó el análisis microbiológico de la carne de cabrito que fue empleada para la elaboración de los productos. En el Cuadro 9 se muestran los resultados de los conteos microbiológicos. Estos resultados nos proporcionaron información sobre la calidad microbiana de la materia prima; sin embargo no hay una Norma Mexicana que aplique directamente para la carne sin procesar.

Cuadro 9. Determinación microbiológica (\log_{10} UFC/g) de la carne de cabrito cruda empleada para la elaboración de los embutidos.

Muestra	Mesófilos aerobios	Coliformes	Hongos y levaduras
Carne entera	6.1	3.2	2.2
Carne molida	4.2	A	1.7

A = ausente

El análisis microbiológico del producto terminado (Cuadro 10) reflejó las buenas prácticas de manufactura y de que tan eficiente fue el tratamiento térmico, además de que permitió conocer si los productos eran aptos para ser evaluados sensorialmente.

Cuadro 10. Determinación microbiológica (\log_{10} UFC/g) de embutidos de cabrito

Embutido	Mesófilos aerobios	<i>Escherichia coli</i>	Hongos y levaduras	<i>Salmonella spp</i>	<i>Staphylococcus aureus</i>
Jamón	3.75	A	A	A	A
Salchicha	2.58	A	A	A	A

A = ausente

De acuerdo con lo estipulado por la Norma Oficial Mexicana NOM-122-SSA1-1994. Bienes y servicios. Productos de la carne. Productos cárnicos curados y cocidos, y curados emulsionados y cocidos. Los límites microbiológicos máximos permitidos son los siguientes:

Mesofilos aerobios = $5 \log_{10}$ UFC/g

Hongos y levaduras = $< 1 \log_{10}$ UFC/g

Salmonella sp = ausente en 25g de muestra

Escherichia coli = ausente

Staphylococcus aureus = $2 \log_{10}$ UFC/g

En este sentido, los productos cumplieron con las especificaciones sanitarias reportadas para ser consumidos.

VII.2. COMPOSICIÓN QUÍMICA DE EMBUTIDOS DE CABRITO

Los resultados del análisis químico proximal realizado a los embutidos, se muestran en el Cuadro 11. El jamón experimental presentó un contenido significativamente diferente ($p < 0.05$) de cenizas (3.5 g/100g) y proteína (25.1 g/100g) respecto al jamón control, el cual reportó 2.7 y 22.8 gramos de cenizas y proteína respectivamente por cada 100 g de muestra húmeda. El contenido de lípidos presente en el jamón experimental fue de 2.1 g/100g, siendo inferior al contenido de lípidos en la muestra control, la cual reportó 3.6 g de lípidos por cada 100 g de muestra húmeda.

Cuadro 11. Composición química de embutidos de cabrito
(g/100g de muestra húmeda)

Composición	Jamón		Salchicha	
	Experimental	Control	Experimental	Control
Humedad	76.2 ± 3.08 ^b	77.1 ± 0.20 ^a	70.6 ± 2.32 ^a	68.9 ± 0.19 ^b
Cenizas	3.5 ± 0.32 ^a	2.7 ± 0.15 ^b	2.5 ± 0.22 ^b	2.7 ± 0.03 ^a
Lípidos	2.1 ± 0.21 ^b	3.7 ± 0.16 ^a	8.9 ± 2.92 ^b	14.4 ± 0.07 ^a
Proteína*	25.1 ± 2.69 ^a	22.9 ± 0.20 ^b	19.0 ± 1.86 ^a	19.0 ± 0.51 ^a
Energía**	431.4 ± 1.99 ^b	481.7 ± 4.91 ^a	587.5 ± 0.78 ^b	628.0 ± 2.63 ^a
Colesterol***	54.4 ± 2.50 ^a	42.6 ± 1.16 ^b	35.7 ± 3.52 ^b	63.5 ± 2.28 ^a

* N x 6.25; ** kcal/100g de muestra; ***mg/100g de muestra

^{a, b}. Medias en la misma fila y con diferente letra son diferentes significativamente (p<0.05).

En este sentido el jamón experimental presentó un valor nutrimental mayor en relación con el contenido proteínico, pero con un contenido energético significativamente (p<0.05) diferente (431.4 kcal/100g) respecto del jamón control (481.7 kcal/100g).

El análisis químico practicado a las salchichas, mostró que las salchichas control presentaron un contenido mayor de cenizas, 2.7 g/100g, y de lípidos, 14.4 g/100g, respecto de las salchichas experimentales, las cuales reportaron 2.5 g/100g de cenizas y 8.9 g/100g de lípidos; por su parte el contenido proteínico en ambas muestras no presentó diferencia estadística (p>0.05), en tanto que el valor energético de las salchichas control (628.0 kcal/100g) fue significativamente diferente (p<0.05) con

respecto al valor energético de las muestras experimentales (587.5 kcal/100g); dicho resultado se debió quizá al contenido de lípidos en las muestras.

De acuerdo con Webb *et al.* (2005) la carne caprina contiene alrededor de 19.0 g/100g de proteína en el Cuadro 11, se puede observar que el contenido de proteína en el jamón experimental fue superior (25 g/100g) al reportado en la literatura para la carne caprina magra.

Respecto al contenido de colesterol en las muestras; los jamones experimentales reportaron 54.4 mg/100g de muestra, en tanto que los jamones control presentaron un contenido menor (42.6 mg/100g). Sin embargo, las salchichas experimentales reportaron un contenido de colesterol menor (35.7 mg/100g) respecto de las salchichas control, las cuales reportaron en promedio 63.5 g colesterol por cada 100 g de muestra.

a) Perfil de ácidos grasos

Se identificaron veinticinco diferentes de ácidos grasos presentes en los embutidos analizados. En el Cuadro 12, se muestra la proporción de los ácidos grasos presentes en los embutidos analizados. Se observa que en todos los embutidos analizados, destacan los contenidos de ácido palmítico (C_{16:0}), ácido esteárico (C_{18:0}), ácido oleico (*cis*-C_{18:1n-9}) y ácido linoleico (*cis*-C_{18:2n-6}).

Cuadro 12. Contenido de ácidos grasos presentes en los embutidos de cabrito
(g/ 100 de grasa)

Ácidos grasos	Jamón		Salchicha	
	Experimental	Control	Experimental	Control
C _{12:0}	0.1 ± 0.03 ^a	0.1 ± 0.01 ^a	0.1 ± 0.01 ^a	0.1 ± 0.01 ^a
C _{14:0}	1.3 ± 0.26 ^a	1.2 ± 0.06 ^a	1.0 ± 0.03 ^a	0.7 ± 0.06 ^b
C _{15:0}	0.5 ± 0.03 ^a	0.1 ± 0.01 ^b	0.1 ± 0.01 ^a	0.1 ± 0.01 ^a
C _{16:0}	21.4 ± 0.84 ^b	22.5 ± 0.17 ^a	17.9 ± 0.04 ^b	24.2 ± 0.09 ^a
C _{17:0}	1.6 ± 0.02 ^a	0.3 ± 0.03 ^b	0.4 ± 0.01 ^a	0.2 ± 0.02 ^b
C _{18:0}	20.6 ± 0.50 ^a	11.6 ± 0.35 ^b	8.5 ± 0.13 ^a	7.2 ± 0.01 ^b
C _{20:0}	0.3 ± 0.15 ^a	0.2 ± 0.03 ^b	0.2 ± 0.01 ^a	0.2 ± 0.03 ^a
C _{16:1}	0.7 ± 0.10 ^b	3.2 ± 0.30 ^a	1.7 ± 0.03 ^b	6.4 ± 0.08 ^a
C _{17:1}	0.7 ± 0.03 ^a	0.2 ± 0.04 ^b	0.3 ± 0.01 ^a	0.2 ± 0.02 ^b
<i>cis</i> -C _{18:1n-9}	27.4 ± 0.15 ^b	38.4 ± 0.61 ^a	37.0 ± 0.01 ^b	40.9 ± 0.66 ^a
C _{20:1n-9}	0.2 ± 0.53 ^b	0.7 ± 0.01 ^a	0.7 ± 0.01 ^a	0.4 ± 0.02 ^b
<i>trans</i> -C _{18:2n-6}	0.3 ± 0.03 ^a	0.1 ± 0.01 ^b	0.1 ± 0.01 ^a	0.1 ± 0.01 ^a
<i>cis</i> -C _{18:2n-6}	17.7 ± 0.08 ^a	16.4 ± 0.62 ^b	20.9 ± 0.04 ^a	19.8 ± 0.42 ^a
C _{18:3n-6}	0.1 ± 0.05 ^a	0.1 ± 0.01 ^a	0.1 ± 0.01 ^b	0.3 ± 0.03 ^a
C _{18:3n-3}	2.0 ± 0.24 ^a	0.7 ± 0.14 ^b	0.7 ± 0.01 ^b	1.2 ± 0.11 ^a
<i>cis</i> -C _{20:2}	1.3 ± 0.15 ^a	0.7 ± 0.06 ^b	0.9 ± 0.01 ^a	0.3 ± 0.03 ^b
<i>cis</i> -C _{20:3n-6}	0.7 ± 0.01 ^a	0.4 ± 0.02 ^b	0.2 ± 0.02 ^a	0.2 ± 0.03 ^a
C _{20:4n-6}	0.9 ± 0.09 ^b	3.2 ± 0.28 ^a	0.6 ± 0.02 ^b	0.8 ± 0.01 ^a
<i>cis</i> -C _{20:5n-3}	1.8 ± 0.25 ^a	0.1 ± 0.01 ^b	0.1 ± 0.01 ^a	0.1 ± 0.01 ^a
<i>cis</i> -C _{22:5n-3}	0.4 ± 0.04 ^b	0.8 ± 0.06 ^a	0.2 ± 0.01 ^a	0.1 ± 0.01 ^b
<i>cis</i> -C _{22:6n-3}	0.6 ± 0.05 ^a	0.1 ± 0.03 ^b	0.1 ± 0.01 ^a	0.1 ± 0.01 ^a
Total CLA	0.3 ± 0.01 ^a	0.1 ± 0.02 ^b	0.2 ± 0.01 ^a	0.2 ± 0.02 ^a

CLA = ácido-*cis*-9, *trans*-11-octadecadienoico

^{a, b}. Medias en la misma fila y con diferente letra son diferentes significativamente (p<0.05).

De los resultados obtenidos, el ácido palmítico (C_{16:0}), representó entre 17 y 24% del total de los ácidos grasos presentes en los embutidos; en este sentido, los embutidos control registraron una mayor cantidad de este ácido graso (22.5% en jamón y 24% en

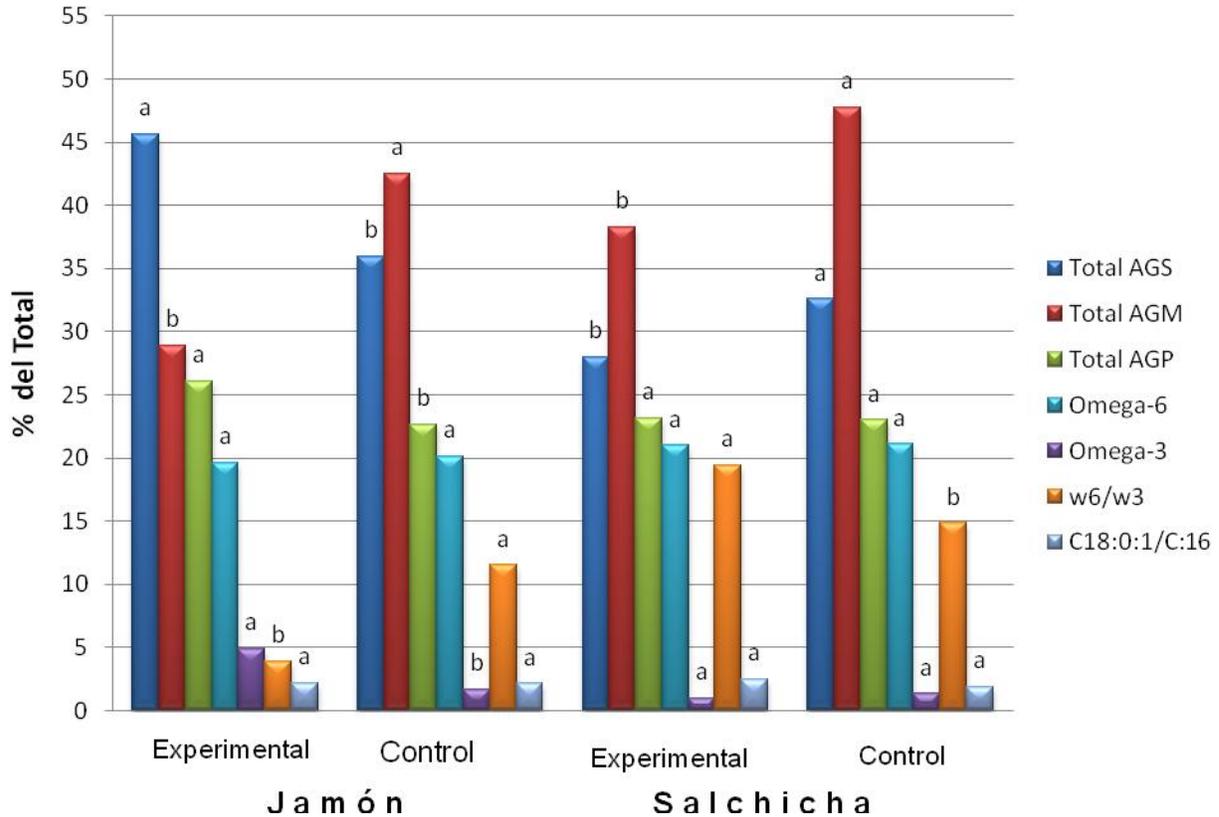
salchicha) valores que fueron significativamente diferentes con respecto a las muestras experimentales. De acuerdo con Webb *et al.* (2005) el contenido de ácido palmítico en la carne de cabra magra fue aproximadamente 21% del total de la grasa, en tanto que en la carne porcina representa 27% del total de la grasa (Carballo *et al.*, 1991).

Según Webb *et al.* (2005) y Carballo *et al.* (1991) la carne de cabra contiene una menor proporción de ácido oleico (36.7%) respecto de la carne de cerdo, la cual contiene aproximadamente 45.1% de este ácido graso.

Los embutidos experimentales reportaron un contenido significativamente diferente ($p < 0.05$) de ácido oleico (*cis*-C_{18:1n-9}) respecto a los embutidos control, mismos, en los que este ácido graso representó entre 38 y 40% del total de la grasa. Sin embargo, el contenido de ácido linoleico (*cis*-C_{18:2n-6}) fue mayor en los embutidos experimentales, variando entre el 17 y 20 % del total de la grasa.

El Gráfico 1, ilustra las proporciones de ácidos grasos saturados, insaturados, omega 3 y omega 6 presentes en los embutidos analizados.

Figura 15. Contenido de ácidos grasos en embutidos de cabrito



AGS=ácidos grasos saturados; AGM=ácidos grasos monosaturados; AGP=ácidos grasos poliinsaturados $\omega 6/\omega 3$ = relación omega 6/omega 3; C18:0:1/C:16= relación ácido esteárico+ácido oleico/ácido palmítico

En el grafico anterior, se puede observar que la proporción de lípidos en los jamones experimentales, está compuesta aproximadamente por 45% de ácidos grasos saturados(AGS), 28% de ácidos grasos monosaturados (AGM) y 26% de ácidos grasos poliinsaturados; estos resultados, de acuerdo con Mamum *et al.* (2009) y Webb *et al.* (2005), señalan que se deben a la modificación que sufren los ácidos grasos insaturados debido a los microorganismos presentes en el rumen, dichos

microorganismos provocan un aumento en la concentración de las grasas saturadas presentes en los productos derivados de los rumiantes. Sin embargo, las salchichas experimentales mostraron un contenido menor de AGM, mismos que representan 38% del total de la grasa presente en este embutido, en tanto que los AGS constituyen aproximadamente 28%; en este sentido, las salchichas control reportaron un contenido de AGM (47%) y 32% de AGS, dichos resultados fueron estadísticamente diferentes ($p < 0.05$) de los obtenidos en las salchichas experimentales. Respecto al contenido de AGP y ácidos grasos omega 3, no se registraron diferencias estadísticas ($p > 0.05$) para las salchichas experimentales respecto de las salchichas control.

En todas las muestras analizadas, el contenido de ácidos grasos omega 6 representó entre 20% y 22% del total, en tanto que el contenido de ácidos omega 3 representó entre 1% y 5% del total, lo que da como resultado que la proporción ω -6/ ω -3 sea mayor al 10% en la mayoría de los casos.

De acuerdo con Webb *et al.* (2005) y González *et al.* (2004), la composición de la fracción lipídica en los embutidos analizados, está directamente relacionada con los ácidos grasos presentes en la carne caprina, por lo que de acuerdo con lo reportado en la literatura y los resultados obtenidos, el proceso de transformación (carne – embutido) no afectó el contenido y composición de ácidos grasos presentes en el producto final.

VII.3. EVALUACIÓN SENSORIAL DE EMBUTIDOS DE CABRITO

Como ya se mencionó anteriormente, uno de los objetivos de este estudio fue realizar una evaluación sensorial de los productos elaborados para conocer su nivel de agrado con respecto a un producto comercial líder en el mercado. Los resultados de dicha evaluación se presentan en el Cuadro 13, donde se muestran los resultados del análisis estadístico obtenido para los atributos de color, olor, sabor y textura.

Cuadro 13. Evaluación sensorial de embutidos de cabrito

Parámetros	Jamón		Salchicha	
	Experimental	Control	Experimental	Control
Color	2.8 ± 1.18 ^b	4.3 ± 0.89 ^a	3.3 ± 1.11 ^b	4.1 ± 1.01 ^a
Olor	2.9 ± 1.05 ^b	4.2 ± 0.92 ^a	3.4 ± 1.19 ^b	4.2 ± 0.88 ^a
Sabor	3.1 ± 1.12 ^b	4.2 ± 0.93 ^a	3.4 ± 1.20 ^a	3.9 ± 1.24 ^a
Textura	2.8 ± 1.25 ^b	4.1 ± 1.13 ^a	3.5 ± 1.10 ^b	4.0 ± 1.06 ^a

^{a, b} Medias en la misma fila y con diferente letra son diferentes significativamente ($p < 0.05$).

Se puede observar que para el atributo de color existió una diferencia significativa ($p < 0.05$) en los dos tratamientos, siendo el jamón experimental el que presenta el valor promedio más bajo, esta reducción en la aceptación pudo deberse, a que el producto experimental presentó un color marrón, mismo que es característico de la carne caprina debido a las proteínas sarcoplásmicas: mioglobina y hemoglobina.

En relación con los atributos de olor y sabor, los jamones experimentales presentaron una aceptación promedio menor a la del producto control, este resultado se debió quizás al intenso sabor que presentaban los productos caprinos, ya que las observaciones de los jueces estaban basadas en expresiones que se referían a un sabor y olor “fuerte”; dichos atributos, según Madruga *et al* (2009), se deben a compuestos volátiles como el 1,2-metiltridecanal, el cual se encuentra en mayor proporción en la carne caprina.

Los resultados obtenidos de la evaluación sensorial aplicada a las salchichas indican que los productos experimentales presentaron un promedio de agrado menor para todos los atributos de color, olor y textura, respecto de las salchichas control. Cabe mencionar que los productos presentaban un color rosa pálido, el cual no es característico de estos productos, ya que normalmente dichos embutidos presentan un color rosado – marrón. Sin embargo, los resultados mostraron que estadísticamente no se reportó diferencia ($p > 0.05$) respecto al nivel de agrado para el sabor de las salchichas experimentales y las salchichas control. En este sentido, este resultado pudo ser consecuencia de la utilización de grasa de cerdo para la elaboración de estos productos; ya que según Carballo *et al.* (1991), los lípidos influyen directamente en el sabor de la carne y los productos cárnicos.

VII.4. ANÁLISIS DEL PERFIL DE TEXTURA DE EMBUTIDOS DE CABRITO

La determinación del perfil de textura de los embutidos, es un análisis utilizado tecnológicamente para modificar la concentración y/o la adición de algunos aditivos en

la elaboración de los alimentos. El Cuadro 14, muestra los resultados obtenidos del análisis de textura practicado a los embutidos analizados.

Cuadro 14. Análisis del perfil de textura de embutidos de cabrito

Parámetros	Jamón		Salchicha	
	Experimental	Control	Experimental	Control
Dureza (N)	29.2 ± 3.59 ^b	33.5 ± 3.30 ^a	28.1 ± 1.86 ^a	16.8 ± 0.73 ^b
Cohesividad	0.8 ± 0.08 ^a	0.7 ± 0.08 ^a	0.8 ± 0.04 ^a	0.8 ± 0.06 ^a
Elasticidad (mm)	15.1 ± 0.38 ^a	10.8 ± 0.01 ^b	15.2 ± 0.03 ^a	15.5 ± 0.35 ^a
Gomosidad (N)	22.0 ± 3.71 ^b	23.9 ± 4.08 ^a	21.2 ± 0.80 ^a	13.3 ± 1.01 ^b
Masticabilidad (J)	0.3 ± 0.06 ^a	0.2 ± 0.04 ^b	0.3 ± 0.01 ^a	0.2 ± 0.02 ^b

^{a, b}. Medias en la misma fila y con diferente letra son diferentes significativamente (p<0.05).

De acuerdo con los resultados obtenidos, la dureza de los jamones experimentales fue significativamente diferente (p<0.05) respecto de los jamones control; dicho resultado, según Hui *et al.* (2006) es producto de la concentración de proteínas miofibrilares y el tejido conectivo presente en la carne caprina. En tanto que estadísticamente no hubo diferencia (p<0.05) para la cohesividad, dicho resultado según Bourne (1978), Szczesniak (2002) y Anzaldúa (1994) indica que los embutidos de cabrito y los embutidos control, se pueden comprimir o deformar al mismo grado antes de romperse. Los resultados obtenidos para la gomosisidad en todos los productos fue directamente dependiente de la dureza, dando como resultado un valor promedio menor de gomosisidad para los jamones experimentales (22.0 N) respecto de los jamones control

(23.9 N); sin embargo, el jamón experimental presentó un valor promedio de elasticidad (15.1 mm) mayor que el jamón control (10.8 mm); este resultado según Bourne (1978) y Szczesniak (2002) indica que la tasa a la cual los productos regresan a su condición inicial (elasticidad) influyeron directamente sobre la masticabilidad, es decir que se necesita mayor energía para reducir los embutidos experimentales hasta una consistencia adecuada para ser deglutido respecto de los embutidos comerciales empleados como control.

En el Cuadro 14, se puede observar también, los perfiles de textura para las salchichas analizadas, donde los productos experimentales reportaron valores promedio de dureza (28.1 N), gomosidad (21.2 N) y masticabilidad (0.3 J) significativamente diferentes ($p < 0.05$) de las salchichas control; sin embargo, ambos tratamientos no presentan diferencias estadísticas ($p > 0.05$) en relación a los valores promedio obtenidos para los parámetros de cohesividad y elasticidad.

VIII. CONCLUSIONES

- De acuerdo con los resultados obtenidos, la carne de cabrito es apta para la elaboración de productos cárnicos como jamón y salchicha.
- Los embutidos de cabrito cumplieron con las especificaciones sanitarias para ser consumidos reportadas en la NOM-122-SSA1-1994.
- Los embutidos de cabrito son productos cuya composición química muestra que su contenido proteínico es mayor o igual (jamón 25.1% y salchicha 19.0%) respecto a los productos control (jamón 22.9% y salchicha 19.0%). Sin embargo el contenido lípidico en los embutidos de cabrito, es significativamente menor (jamón 2.1% y salchicha 8.9%) respecto de los embutidos control (jamón 3.7% y salchicha 14.4%).
- El jamón de cabrito contiene una mayor proporción de ácidos grasos saturados (45%), respecto de la salchicha de cabrito (28%), la cual, cuyo perfil lípidico muestra que contiene en mayor proporción ácidos grasos monosaturados (38%).
- De acuerdo con los resultados obtenidos de la evaluación sensorial realizada a los embutidos de cabrito, dichos productos fueron ubicados en general, en un nivel de agrado: “ni gusta, ni disgusta”.

- El perfil de textura realizado a los embutidos, muestra que los embutidos de cabrito necesitan mayor energía (0.3 J) para reducirse hasta una consistencia adecuada para ser deglutidos respecto de los embutidos control (0.2 J).
- Las características químicas y estructurales propias de la carne caprina, afectaron significativamente la textura y el nivel de agrado de los embutidos elaborados.

IX. LITERATURA CITADA

- Acevedo, M. 2004. Evaluación de los principales atributos de calidad de la carne de res de origen local e importada, según se ofrece al consumidor. Universidad de Puerto Rico. Pp. 12 – 15.
- Amerling, C. 2001. Tecnología de la Carne: Antología. EUNED. Pp. 40 – 56.
- Andújar, G. 1998. El curado de la carne y la elaboración tradicional de piezas curadas ahumadas. Editorial Universitaria. Cuba. Pp. 21 – 33.
- Anuario pecuario de México. 2009. (En: http://www.oeidrusportal.gob.mx/repo/Avance_siap/pecAvanceProd.jsp. Accesado en Febrero 2010).
- Anzaldúa, M.A. 1994. La evaluación sensorial de los alimentos en la teoría y la práctica. Editorial Acribia. España. Pp. 11 – 78.
- AOAC. 2003. Official Methods of Analysis, 23rd Edition. Association of Official Analytical Chemists. Washington, D. C
- Badui, D.S. 2006. Química de los alimentos. 4^a Edición. Editorial Pearson. México. Pp. 260 – 398.
- Bourne, M.C. 1978. Texture profile analysis. Food technology. 32 (7): 62 – 66.
- Bourne, M.C. 2005. Food texture and viscosity. Concept and measurement. 2^a Edición. Food science and technology. Academia Press. Pp. 182 – 266.
- Carballo, B., López de Torre, G. 1991. Manual de bioquímica y tecnología de la carne. Ediciones Madrid. España. Pp. 15 – 69.
- Church, D.C. 1993. El rumiante. Fisiología digestiva y nutrición. Editorial Acribia. España. Pp. 350 – 370.

- Cosenza, G.H., Williams, S.K., Johnson, D.D., Sims, C., McGowan, C.H. 2003. Development and evaluation of a cabrito smoked sausage product. *Meat Science* 64: 119 – 124.
- Fennema, O. R. 2002. *Química de los alimentos*. 2ª Edición. Editorial Acribia. Zaragoza. España. Pp. 920 – 1110.
- Fenton, M., Sim, J. S. 1991. Determination of egg yolk cholesterol content by on-column capillary gas chromatography. *Journal of Chromatography A*. 540:323 – 329.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations Statistical Databases. FAOSTAT. 2009. (En: <http://faostat.fao.org/site/339/default.aspx>. Accesado en Febrero 2010).
- Folch, J. M, Less Sloane-Stanley.1957. A simple method of the isolation and purification of total lipids from animal tissues. *Journal Biological Chemistry*. 226:247.
- Gallegos, S.J. 2005. *Manual del participante. La cabra*. Secretaría de la reforma agraria. Colegio de postgraduados. Pp. 4.
- González, M.A., Caballero, A. B., Gallego, I., García R. A. 2004. Evaluation of the physic-chemical, rheological and sensory characteristics of commercially available Frankfurters in Spain and consumer preferences. *Meat Science*. 67: 633 – 641.
- Hui, Y.H., Guerrero I., Rosmini M. 2006. *Ciencia y tecnología de carnes*. Editorial Limusa. México. Pp. 161 – 526.
- Madruca, M.S., Elmore, J.S., Dodson, A.T., Mottram, D.S. 2009. Volatile flavour profile of goat meat extracted by three widely used techniques. *Food chemistry*. 115: 1081 – 1087.
- Mamun M., Or-Rashid., Tom C. Wright., y Brian W. Mc Bride. 2009. Microbial fatty acid conversion within the rumen and the subsequent utilization of these fatty acids to

improve the health unless of ruminant food products. *Microbial biotechnology*. 84: 1033 – 1043.

Mellado-González, T., Narváez-Rivas, M., Alcalde, J.M., Cano, T., León-Camacho, M. 2009. Authentication of fattening diet of goat kid according to their fatty acid profile from perirenal fat. *Talanta*. 77: 1603 – 1608.

Norma Oficial Mexicana. NOM-092-SSA1-1994. Método para la cuenta de bacterias aerobias en placa.

Norma Oficial Mexicana. NOM-110-SSA1-1994 Bienes y servicios. Preparación y dilución de muestras de alimentos para su análisis microbiológico.

Norma Oficial Mexicana. NOM-111-SSA1-1994 Método para la cuenta de mohos y levaduras en alimentos.

Norma Oficial Mexicana. NOM-114-SSA1-1994. Bienes y servicios. Método para la determinación de *Salmonella* en alimentos.

Norma Oficial Mexicana. NOM-122-SSA1-1994. Bienes y servicios. Productos de la carne. Productos cárnicos curados y cocidos, y curados emulsionados y cocidos. Especificaciones sanitarias.

Paltrinieri, G., Meyer R.M. 1982. Elaboración de productos cárnicos. Editorial Trillas.1ª Edición. México. Pp. 9 – 24.

Procuraduría Federal del Consumidor. PROFECO. 2009. (En: http://www.profeco.gob.mx/revista/pdf/est_01.asp. Accesado en Noviembre 2009).

Rodríguez, M. 2004. Preparación de masas y piezas cárnicas. Editorial S. L. España. Pp. 3 – 19.

Rosenthal, J. A. 2001. Textura de los alimentos. Medida y percepción. Editorial Acribia. España. Pp. 3 – 15.

- Roudot, A.C. 2004. Reología y análisis de la textura de los alimentos. Editorial Acribia. España. Pp. 49 – 122.
- SAS, Institute Inc. 1996. Statistical Analysis System. User's Guide: Statistics. Version 6.12. Edition. Cary, North Carolina. USA.
- Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. SAGARPA. 2009. (En:<http://www.sagarpa.gob.mx/ganadería/publicaciones/Paginas/ComitéNacionalSistemaProductoCaprinos.aspx>. Accesado en Diciembre 2009).
- Scott-Blair, G. 1958. Rheology in food research. Advances in food research. 8: 1 – 56.
- Swokowski, E.W. 1989. Cálculo con geometría analítica. 2ª Edición. Grupo editorial Iberoamericana. México. Pp. 230 – 235.
- Szczesniak, A.S. 2002. Texture is a sensory property. Food quality and preference. 13: 215 – 225.
- Thomas, G.B., Finney, R. L. 1987. Calculo con geometría analítica. 6ª Edición. Volumen 1. Editorial Addison-Wesley Iberoamericana. México. Pp. 271 – 274.
- Urieta, D., Urieta L. 1999. Evaluación de la calidad de la carne y embutidos de cabritos provenientes de la raza alpino francés y la crucea $\frac{1}{4}$ Boer $\frac{3}{4}$ Alpino Francés. Tesis de licenciatura. Facultad de Química. UNAM. México. Pp. 8 – 62.
- Webb, E.C., Casey, N.H., Simela, L. 2005. Goat meat quality. Small Ruminant Research. 60: 153 – 166.
- Zlatanos, S., Laskaridis, K., Feist, C., Sagredos, A. 2002. CLA content and fatty acid composition of Greek Feta and hard cheeses. Food chemistry. 78: 471 – 477.

X. ANEXOS

I. CUESTIONARIO DE EVALUACIÓN SENSORIAL

Nombre: _____

Edad: _____ Sexo: _____

Fecha: _____

Instrucciones: Anote el número de muestra y marque con una X la opción que mejor describe su sentir de acuerdo con los siguientes atributos. Tome y/o coma, agua y pan entre muestra y muestra.

MUESTRAS

COLOR	-----	-----	-----	-----
Gusta Mucho	-----	-----	-----	-----
Gusta Poco	-----	-----	-----	-----
Ni gusta ni disgusta	-----	-----	-----	-----
Disgusta poco	-----	-----	-----	-----
Disgusta Mucho	-----	-----	-----	-----
OLOR				
Gusta Mucho	-----	-----	-----	-----
Gusta Poco	-----	-----	-----	-----
Ni gusta ni disgusta	-----	-----	-----	-----
Disgusta poco	-----	-----	-----	-----
Disgusta Mucho	-----	-----	-----	-----
SABOR				
Gusta Mucho	-----	-----	-----	-----
Gusta Poco	-----	-----	-----	-----
Ni gusta ni disgusta	-----	-----	-----	-----
Disgusta poco	-----	-----	-----	-----
Disgusta Mucho	-----	-----	-----	-----
TEXTURA				
Gusta Mucho	-----	-----	-----	-----
Gusta Poco	-----	-----	-----	-----
Ni gusta ni disgusta	-----	-----	-----	-----
Disgusta poco	-----	-----	-----	-----
Disgusta Mucho	-----	-----	-----	-----

OBSERVACIONES: -----

II. INFORMACIÓN NUTRIMENTAL DE LOS PRODUCTOS CONTROL

INFORMACIÓN NUTRIMENTAL Por cada 30g de jamón (aprox. 1 rebanada)	
Contenido energético	132kJ (31 kcal)
Grasa total	0.8g
del cual Grasa saturada	0.3g
Sodio	301mg
Carbohidratos totales	1.2g
del cual Azúcares	0.5g
fibra dietética	0g
Proteínas	4.8g

INFORMACIÓN NUTRIMENTAL Por cada 33.3g de salchicha (aprox. 1 salchicha)	
Contenido energético	204kJ (49 kcal)
Grasa total	2.2g
del cual Grasa saturada	0.7g
Sodio	326mg
Carbohidratos totales	3.8g
del cual Azúcares	0.1g
fibra dietética	0.1g
Proteínas	3.4g