

300627

6
2ej



UNIVERSIDAD LA SALLE

**ESCUELA DE QUIMICA
INCORPORADA A LA
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO**

**"ESTUDIO REOLOGICO DE UN EMBUTIDO TIPO
SALCHICHA ELABORADO A PARTIR DE
DISTINTOS TIPOS DE CARNE"**

T E S I S

**QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
QUIMICO FARMACEUTICO BIOLOGO
P R E S E N T A
BRENDA GUADALUPE BRAVO AGUIRRE**

DIRECTOR DE TESIS:

M. C. Consuelo Lobato C.

**TESIS CON
México, D. F. FALTA DE COPIA 1992**



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 está 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.

INDICE GENERAL

Página

RECONOCIMIENTOS.....	i
LISTA DE CUADROS.....	ii
LISTA DE FIGURAS.....	iii
1. INTRODUCCION.....	1
1.1 Definición de carne.....	1
1.2 Clasificación de la carne.....	1
1.3 Estructura y composición del músculo.....	2
1.3.1 Tejido muscular.....	2
1.3.1.1 Proteínas musculares.....	8
1.4 Valor nutritivo.....	11
1.5 Métodos de conservación.....	13
1.5.1 Antecedentes Históricos del Procesamiento - de la carne.....	13
1.5.2 Procesos que se utilizan en la actualidad..	14
1.5.2.1 Curado.....	14
1.5.2.2 Ahumado.....	17
1.6 Emulsiones Cárnicas.....	17
1.6.1 Definición de una emulsión aceite en agua..	17
1.6.2 Funciones de las proteínas en una emulsión- cárnica.....	18
1.6.3 Definición de embutido.....	18
1.6.3.1 Embutidos frescos.....	20
1.6.3.2 Embutidos secos y semisecos.....	20
1.6.3.3 Embutidos cocidos.....	20
1.6.3.4 Embutidos ahumados cocidos.....	20
1.6.3.5 Embutidos ahumados no cocidos.....	20
1.6.3.6 Especialidades a base de carnes co- cidas.....	20
1.7 Definición de salchicha.....	21
1.8 Especificaciones de Calidad de las Salchichas....	21
1.9 Materia prima usada en la elaboración de las sal- chichas.....	21
1.9.1 Carne.....	21
1.9.1.1 Carne de pavo.....	21
1.9.1.2 Carne de cerdo.....	26
1.9.1.3 Carne de res.....	26
1.9.1.4 Carne de caballo.....	26
1.9.2 Grasa.....	26
1.9.3 Sal.....	26

1.9.4 Nitrito.....	27
1.9.5 Agua y/o Hielo.....	27
1.9.6 Agentes de relleno y ligantes.....	28
1.9.7 Especias.....	28
1.9.8 Fosfatos.....	28
1.9.9 Ascorbato de sodio.....	29
1.9.10 Azúcar.....	29
1.10 Proceso de elaboración de las salchichas.....	29
1.10.1 Picado.....	29
1.10.2 Mezclado.....	30
1.10.3 Emulsificación.....	30
1.10.4 Escaldado de embutidos.....	30
1.10.5 Factores que afectan la formación y estabilidad de la emulsión.....	31
1.11 Situación Nacional de la Producción de embutidos.....	32
1.11.1 Costo y disponibilidad de la carne.....	32
1.12 Factores de calidad de los alimentos.....	37
1.13 Definición de Textura.....	37
1.13.1 Percepción sensorial de la textura.....	38
1.13.2 Textura de emulsiones cárnicas.....	38
1.14 Relación de la Microestructura de la Salchicha en su Textura y Factores que la Afectan.....	39
1.15 Modelos Mecánicos de Viscoelasticidad.....	40
1.15.1 Modelos Fundamentales.....	40
1.15.2 Métodos para medir la deformación de un alimento.....	48
1.15.2.1 Métodos fundamentales.....	48
1.16 Aparatos para la Medición de Textura.....	52
1.16.1 Características del Viscoelastómetro de placas paralelas.....	52
1.17 Evaluación Sensorial.....	54
JUSTIFICACION.....	55
2. OBJETIVOS.....	56
3. MATERIALES Y METODOS.....	57
3.1 Selección de la materia prima y aditivos.....	57
3.2 Diseño de las formulaciones de salchichas.....	61
3.3 Calibración del viscoelastómetros de placas paralelas.....	58
3.4 Determinación del peso adecuado a colocar en la charola del viscoelastómetro.....	58
3.5 Elaboración de los distintos tratamientos.....	63
3.6 Análisis post-proceso de las salchichas.....	64
3.7 Cálculo de los parámetros reológicos.....	64

3.7.1 cálculo de la deformación/esfuerzo constante instantáneo (J_0) y módulo de elasticidad en el mismo tiempo (E_0).....	66
3.7.2 cálculo de la viscosidad newtoniana.....	67
3.7.3 cálculo de los parámetros reológicos en la zona de retardo.....	68
3.8 Evaluación Sensorial.....	69
3.9 Análisis Estadístico de Resultados.....	70
4. RESULTADOS Y DISCUSION.....	71
4.1 Análisis Bromatológico de las Distintas Formu_laciones de Salchichas.....	71
4.2 Calidad Sanitaria de las salchichas.....	71
4.3 Comportamiento Reológico.....	71
4.3.1 Análisis de Varianza de los parámetros reológicos.....	75
4.4 Evaluación Sensorial.....	75
4.5 Ecuación Empírica de los parámetros reológicos....	80
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	86
6. REFERENCIAS.....	87

LISTA DE CUADROS

		Página
1.	Composición del lardo contenido en 100 g de carne de cerdo.....	12
2.	Especificaciones físicas de las salchichas.....	22
3.	Especificaciones químicas de las salchichas.....	23
4.	Especificaciones microbiológicas de las salchichas.....	23
5.	Aditivos permitidos en las salchichas.....	24
6.	Valor nutritivo de los distintos tipos de carne..	25
7.	Producción de embutidos a nivel nacional durante el período 1987-1988.....	33
8.	Exportaciones e Importaciones de Embutidos y productos similares en México de 1985 - 1989.....	33
9.	Precio promedio del kilo de carne durante el período 1984 - 1989.....	34
10.	Inventario y Producción de Ganado Porcino durante el período de 1984-1988.....	34
11.	Inventario y Producción de Aves para carne de - 1984 - 1988.....	35
12.	Inventario y Producción de carne bovina durante - el período de 1984 - 1988.....	35
13.	Proyección de Producción y Consumo interno de carne Bovina, Porcina y de Pollo para el período - 1992 - 1994.....	36
14.	Composición y Capacidad ligante de los Recorte de carne y lardo utilizados.....	58
15.	Porcentaje de cada tipo de carne utilizado en cada formulación.....	58
16.	Composición de las formulaciones de las salchichas elaboradas.....	59
17.	Datos obtenidos en el graficador al operar el vig coelastómetro a diferentes distancias/ Imán-transductor a 200 mV.....	60

18.	Análisis efectuados a las salchichas después de - su elaboración.....	65
19.	Análisis Bromatológico de las salchichas obteni- das en cada tratamiento.....	72
20.	Análisis Microbiológico de las salchichas obteni- das en cada tratamiento.....	72
21.	Valores de los parámetros reológicos para las dis- tintas formulaciones.....	74
22.	Análisis de Varianza de J_0 para las diferentes - formulaciones.....	76
23.	Análisis de varianza de J_1 para las distintas for- mulaciones.....	76
24.	Análisis de varianza de n_N para las diferentes - salchichas.....	77
25.	Análisis de varianza de Textura.....	77
26.	Análisis de varianza para preferencia.....	79
27.	Prueba de Tukey de la Evaluación sensorial de - Textura.....	79
28.	Prueba de hipótesis nula para los valores de $J(t)$ experimental y estimado.....	81
29.	Valores de los parámetros estadísticos para las - distintas formulaciones.....	81

LISTA DE FIGURAS

		Página
1.	Diagrama esquemático de una fibra muscular.....	3
2.	Representación diagramática de los niveles de organización del músculo estriado esquelético.....	5
3.	Sección longitudinal de un músculo estriado.....	6
4.	Unión de los filamentos I a los filamentos Z.....	7
5.	Diagrama ilustrativo de la disposición de los filamentos protéicos en la miofibrilla.....	7
6.	Diagrama de la estructura de un filamento de actina.....	10
7.	Diagrama de la estructura fina de un filamento de miosina.....	10
8.	Cambios químicos que puede experimentar la mioglobina durante el desarrollo del pigmento final de la carne curada.....	15
9.	Esquema de una emulsión cárnica.....	19
10.	Representación esquemática de los modelos mecánicos.....	43
11.	Comportamiento de los materiales que se ajustan - al modelo de Maxwell.....	44
12.	Comportamiento de los materiales que se ajustan - al modelo de Kelvin.....	46
13.	Curva típica de deformación/esfuerzo constante - contra el tiempo.....	49
14.	Viscoelastómetro de Placas Paralelas.....	53
15.	Proceso de elaboración de las salchichas.....	62
16.	Curva deformación/esfuerzo constante contra el - tiempo, experimental y estimado para la formulación 1.....	82
17.	Curva deformación/esfuerzo constante contra el - tiempo, experimental y estimado para la formulación 2.....	82
18.	Curva deformación/esfuerzo constante contra el - tiempo, experimental y estimado para la formulación 3.....	83

19.	Curva deformación/esfuerzo constante contra el tiempo experimental y estimado para la formulación 4.....	83
20.	Curva deformación/esfuerzo constante contra el tiempo, experimental y estimado para la formulación 5.....	84
21.	Curva deformación/esfuerzo constante contra el tiempo, experimental y estimado para la formulación 6.....	84
22.	Curva deformación/esfuerzo constante contra el tiempo, experimental y estimado para la formulación 7.....	85

1. INTRODUCCION

1.1 Definición de Carne.

La carne se define como la masa muscular de animales de sangre caliente, que ha sufrido ciertos cambios bioquímicos después de la muerte y que puede emplearse como alimento, incluyendo los productos procesados que se preparan a partir de ésta. En el concepto más amplio o común se le considera como las partes comestibles de animales de sangre caliente o fría aptas para el consumo humano y los productos manufacturados a partir de las mismas (2,19).

La importancia de la carne como alimento, reside en su alto valor nutricional, propiedades organolépticas ampliamente aceptadas y la existencia de múltiples formas de preparación.

1.2 Clasificación de la carne.

La mayoría de la carne consumida por el hombre, procede de los animales domésticos y acuáticos (19).

La carne puede subdividirse, con base en su origen, en diversas categorías generales:

-Roja, es la de mayor consumo, las más comunes son las de vacuno, cerdo y lanar. Sin embargo, en muchos países se consumen también las provenientes de equinos, caprinos, antílopes, llamas, camellos, búfalos, conejos, etc.

-De aves, proceden de la musculatura de las aves domésticas, entre las que se encuentran las gallinas, pavos, gansos.

-Marinas, proceden de la carne de animales acuáticos, siendo los peces los que constituyen la mayor parte, aún cuando la carne de cangrejos, almejas, langostas, etc, se incluyen dentro de esta clasificación.

-De caza, procede de animales silvestres o no domésticos.

1.3 Estructura y Composición del Músculo.

La carne se compone fundamentalmente de músculo y cantidades variables de todos los tipos de tejido conectivo como el adiposo o grasa, hueso, cartilago y conectivo típico; siendo por tanto estos dos los responsables casi exclusivamente de las características de este alimento. También contiene pequeñas porciones de tejidos epitelial y nervioso (19,39).

1.3.1 Tejido muscular. En la carne, el músculo esquelético representa de un 35 - 65 % de su peso, además contiene una pequeña proporción de músculo liso, constituyente de vasos sanguíneos.

La unidad estructural del músculo esquelético es una célula muy especializada denominada fibra muscular (figura 1), que constituye del 75 - 92 % de su volumen total. Son células filamentosas, largas, sin ramificar, cuyo diámetro disminuye en ambos extremos. Se encuentran agrupadas en forma de haces, los que se clasifican en primarios, secundarios o terciarios, con base en el número de células que los componen. Los haces o fascículos están envueltos por tejido conectivo en el que se ubican vasos sanguíneos y fibras nerviosas.

Cada fibra muscular está rodeada por una membrana denominada sarcolema, que se compone de proteínas y lípidos.

El citoplasma de las fibras musculares se denomina sarcoplasma; está constituido por 75 - 85 % de agua, gotitas de lípidos, cantidades variables de gránulos de glucógeno, ribosomas, numerosas proteínas, compuestos nitrogenados no protéicos y diversos componentes inorgánicos.

Inmersos en el sarcoplasma, extendiéndose a lo largo de la fibra, se encuentran las miofibrillas, tienen forma de bastones cilíndricos largos y finos, de aproximadamente 1-2 micrometros de diámetro. Las células musculares de animales sarcopoyésicos, con un diámetro de alrededor de 50 micrómetros, suelen tener por lo menos 1000 miofibrillas y a veces rebasan las 2000.

Los cortes transversales de las miofibrillas presentan una serie de puntos ordenados perfectamente; éstos corresponden a los filamentos gruesos y delgados. Los primeros están constituidos fundamentalmente por miosina y los delgados por actina. Se ha observado que ambos tipos de filamentos se disponen paralelamente entre sí, a lo largo de toda la miofibrilla, aunado a esto, el hecho de que se solapan en ciertas regiones, a lo largo de sus ejes

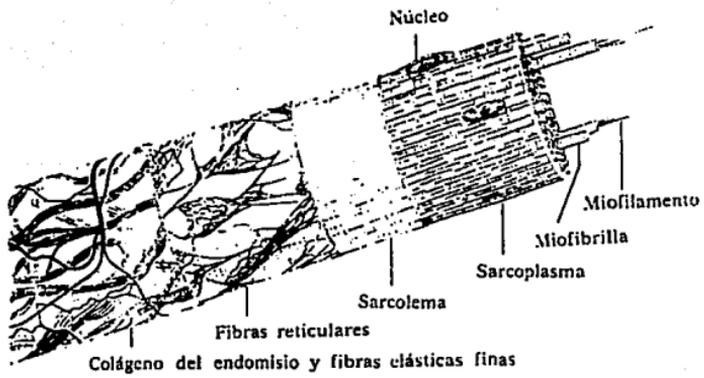


Fig. 1 DIAGRAMA ESQUEMATICO DE UNA FIBRA MUSCULAR

longitudinales conforma las características bandas o estrías de la miofibrilla, cada filamento grueso está rodeado por seis filamentos delgados. A su vez, las bandas de cada miofibrilla se alinean paralelamente a lo largo de la fibra muscular, conformando un aspecto estriado.

Las bandas, que se presentan como 'zonas' alternas claras y oscuras, explican el uso del término músculo estriado, como se conoce también al músculo esquelético (figura 2).

Dentro de las bandas se observan áreas de distinta densidad. La banda clara es monorefringente, al observarse con luz polarizada se describe como isotrópica y se llama banda I; por el contrario, la amplia banda oscura presenta doble refringencia a la luz polarizada, por lo tanto es anisotrópica y se designa como banda A. Los filamentos gruesos y delgados de las miofibrillas difieren en dimensiones, composición química, propiedades y situación en el sarcómero. Los primeros constituyen la banda A del sarcómero, los delgados constituyen la banda I. Tanto la banda A, como la I están divididas por líneas relativamente estrechas. Una banda estrecha oscura llamada línea Z divide la banda I; la porción de miofibrilla comprendida entre dos líneas Z adyacentes se llama Sarcómero, es la unidad estructural repetitiva de la miofibrilla, así como la unidad básica en la que tiene lugar el ciclo de contracción-relajación muscular; éste comprende una banda A y dos medias bandas I, que se localizan a cada lado de la A (figura 3).

La longitud del sarcómero no es constante y sus dimensiones, al igual que las de la banda I, dependen del estado de contracción en el momento que se examina el músculo. En los músculos en reposo de mamíferos, se puede admitir como típica una longitud de 2.5 micrómetros (figura 4).

En la región central de la banda A, existe un área que es menos densa que las demás, y se denomina zona H y una banda oscura y estrecha que divide el centro de la banda A llamada línea M; a cada lado de esta última, en la zona H, hay una región estrecha, poco densa, denominada zona pseudo H. Estas zonas deben sus diferencias en densidad a la naturaleza de sus componentes y acomodo de los mismos.

La zona H es menos densa que el resto de la banda A porque constituye la región comprendida entre las terminaciones de los filamentos opuestos de actina, por lo tanto solo contiene filamentos de miosina. Lo ancho de la zona H varía con el estado de contracción muscular; el área más densa de la banda A está a cada lado de la zona H, en donde existen filamentos de actina y miosina. Como la banda I solo contiene filamentos de actina, es menos densa (figura 5) (19,39).

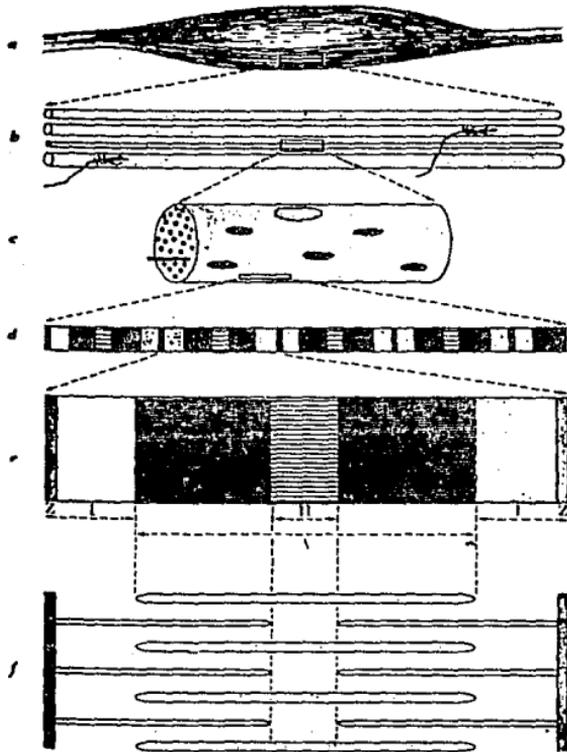


Fig. 2 REPRESENTACION DIAGRAMATICA DE LOS NIVELES DE ORGANIZACION DEL MUSCULO ESTRIADO ESQUELETICO. Un músculo (a) se compone de fibras musculares (b) que aparecen estriadas cuando se observan al microscópio óptico.

Las pequeñas estructuras ramificadas de la superficie de las fibras son las placas terminales de los nervios motores que dan la señal de las fibras para que se contraigan. Una fibra muscular aislada (c) consta de miofibrillas sobre las cuales yacen los núcleos de la célula y las mitocondrias. En una miofibrilla única (d) las estriaciones dan origen a una sucesión alternada de bandas claras y oscuras.

Una unidad aislada de la sucesión anterior (e) consta de una línea Z, a continuación una banda I, a continuación una banda A que se halla interrumpida por una zona H, a continuación la siguiente banda I y finalmente la siguiente línea Z Price (39).

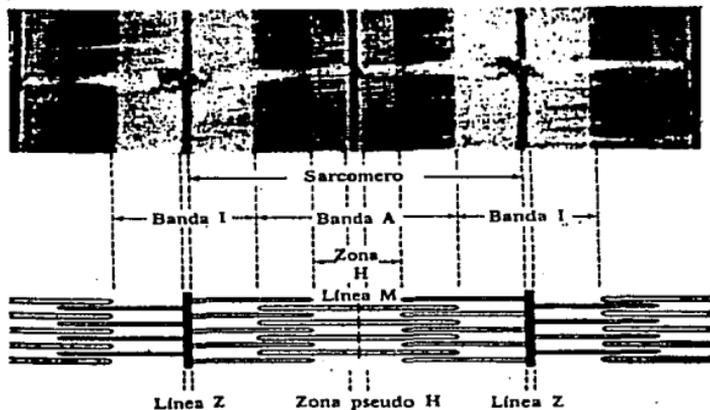


Fig. 3 SECCION LONGITUDINAL DE UN MUSCULO ESTRIADO. En la parte superior se muestra una micrografia electrónica y en la parte inferior se expone diagramáticamente la interpenetración de los filamentos responsable de la aparición de las diversas bandas. En la micrografia parte de dos miofibrillas aparecen aumentadas unos 23.000 diámetros. Las miofibrillas están separadas por un espacio que atraviesa horizontalmente la micrografia. Se indican las principales características del sarcómero. La banda I es clara por constar exclusivamente de filamentos delgados. La banda A es densa (y por tanto oscura) en las partes en que sobremontan los filamentos gruesos y delgados, siendo menos oscura en la zona H, que solo consta de filamentos gruesos. La línea M es el resultado del abultamiento que existe en el centro de cada uno de los filamentos gruesos y la pseudozona H corresponde a la región desnuda existente en la inmediata vecindad de los engrosamientos. Price (39)

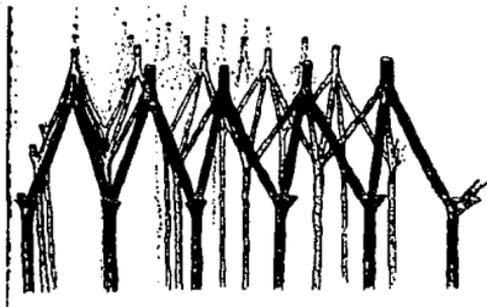


Fig. 4 UNION DE LOS FILAMENTOS I A LOS FILAMENTOS Z Price (39)

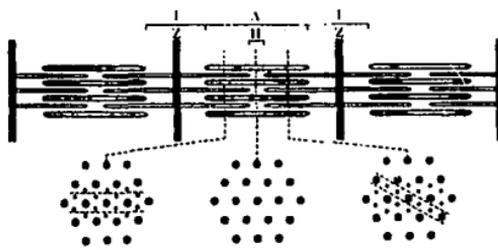


Fig. 5 DIAGRAMA ILUSTRATIVO DE LA DISPOSICION DE LOS FILAMENTOS PROTEICOS EN LA MIOFIBRILLA. Están representados tres sarcómeros en una sección longitudinal. Los diagramas de la parte inferior corresponden a secciones transversales efectuadas a nivel de la zona H (centro) y a otros niveles de la banda A (derecha e izquierda), en los que se produce la interpenetración de las formaciones de filamentos gruesos y delgados. Price (39)

1.3.1.1 Proteínas musculares. Los constituyentes proteínicos están distribuidos de la siguiente manera:

-Sarcoplasmáticas: contribuyen en el contenido proteínico muscular de 25-30 %, son una compleja mezcla de proteínas de al menos 50, solubles en soluciones salinas. Agrupan a los pigmentos mioglobina y hemoglobina.

-Miofibrilares: son proteínas contráctiles del músculo y constituyen aproximadamente el 50 % del total; solubles en soluciones de sodio al 3% y elevado pH, pero insolubles en agua fría; las conforman: actina, miosina, actinmiosina, tropomiosina y actinina; son necesarias para estabilizar las emulsiones en la elaboración de embutidos.

-Estructurales: constituyen del 10-15%, son proteínas insolubles en agua y soluciones salinas, se disuelven parcialmente durante el cocinado y calentamiento prolongado. El principal constituyente es el colágeno, su función es mínima en embutidos como la salchicha, debido a su baja solubilidad. El colágeno puede formar geles si se hidroliza en gran cantidad durante el cocinado.

Dentro de las proteínas de los miofilamentos, la actina y miosina constituyen aproximadamente el 75-80 % y el resto lo conforman las proteínas reguladoras, entre las que se encuentran la tropomiosina, troponina, dos proteínas M, actinina-alfa, proteína C y actinina-beta, citadas en orden decreciente de concentración en la miofibrilla.

La actina constituye del 20-25 % de las proteínas miofibrilares; es rica en el aminoácido prolina que gracias a su grupo imino (=N-H), contribuye al plegamiento de las cadenas polipeptídicas, dando lugar a la formación de una molécula de forma globular denominada actina G y constituye la unidad molecular. La naturaleza fibrilar de la actina se debe a la polimerización longitudinal de los monómeros de actina G para formar actina F.

La miosina constituye del 50-55 % y se caracteriza por su gran proporción de aminoácidos básicos y ácidos, siendo pues una molécula muy cargada. Como la miosina contiene menos prolina que la actina, posee una naturaleza más fibrilar. La estructura de la molécula de miosina es la de un bastón alargado, que constituye la columna vertebral de los filamentos gruesos llamado cola y un abultamiento o porción más gruesa en uno de sus extremos, la cual se conoce como cabeza, la porción situada entre la cabeza y la cola se conoce como cuello.

En el centro de la banda A, a cada lado de la línea M, el filamento de miosina contiene la cola de las moléculas de miosina sin ninguna de las cabezas. Esta región, dentro de la zona H, a cada lado de la línea M es la zona pseudo H. La polaridad de los filamentos de miosina es tal que las cabezas en cada lado de la región desnuda central de la banda A se orientan en ángulo oblicuo, separándose de la línea M. Tales cabezas salientes son los sitios activos de los filamentos gruesos durante la contracción muscular dado que forman puentes cruzados con los filamentos de actina. Durante la contracción muscular, cada cabeza de miosina se une a una molécula de actina G del filamento de actina; la formación de puentes, mediante esta interacción entre actina y miosina, origina el complejo químico conocido como actomiosina. La formación de actomiosina da lugar a un estado de rigidez y de relativa inextensibilidad muscular. La actomiosina constituye la mayor parte de las proteínas fibrilares encontradas en el músculo post-mortem y la rigidez que se origina tras la muerte del animal (rigor mortis) se debe en gran parte a ésta. En el animal vivo es un compuesto transitorio dado que los puentes que se forman entre filamentos de actina y miosina se rompen durante la fase de relajación, cuando el músculo está en reposo prácticamente no existen puentes.

En los filamentos de miosina se encuentra la proteína C, que constituye del 2-2.5 % de las proteínas fibrilares. Una banda estrecha de esta proteína rodea al filamento de miosina manteniendo juntas las moléculas de miosina dentro del haz que forma un filamento grueso. Dieciocho bandas de proteína C rodean cada filamento de miosina; a cada lado de la zona H hay nueve bandas.

La tropomiosina supone del 8-10 % de la proteína miofibrilar, posee una molécula muy cargada rica en aminoácidos básicos y ácidos. Su escaso contenido en prolina contribuye a su estructura fibrilar. Las moléculas de tropomiosina están formadas por dos cadenas peptídicas enrolladas, unidas entre sí por los extremos, formando de esta manera largos y gruesos cabos filamentosos. En el filamento de actina, una sola molécula de tropomiosina se extiende a lo largo de 7 moléculas de actina G (figura 6).

La troponina es una proteína globular con un contenido en prolina relativamente alto, constituye del 8-10 % de la proteína miofibrilar; se asienta en los surcos de los filamentos de actina, a los lados de los cabos de tropomiosina, por cada 7 u 8 moléculas de actina G hay una molécula de troponina, es una proteína receptora de iones calcio (Ca^{+2}) y su sensibilidad frente a los mismos constituye su función principal (figura 7).

El contenido en prolina de la actinina-alfa, que también es una proteína globular, se compara al de la actina; se encuentra en la línea Z, su composición varía de 2-2.5 %.

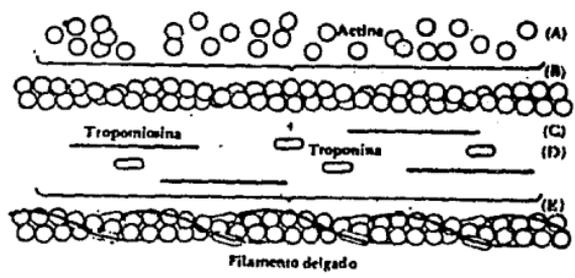


Fig. 6 Diagrama de la estructura de un filamento de actina en el que se ve la relación de tropomiosina y troponina con sus moléculas de actina G (A), dos cadenas de actina polimerizada (actina F) (B) enrolladas entre si, moléculas largas y delgadas de tropomiosina (C), moléculas de troponina en forma de pelets (D) y un filamento de actina donde se aprecian dos cadenas de actina F enrolladas y moléculas de tropomiosina polimerizadas, que forman dos grandes cabos de tropomiosina, cada cabo se asocia a cada cadena de actina F. A lo largo del filamento de actina se aprecia la troponina cada siete moléculas de actina G y su asociación con el cabo de tropomiosina. Forrest (19)

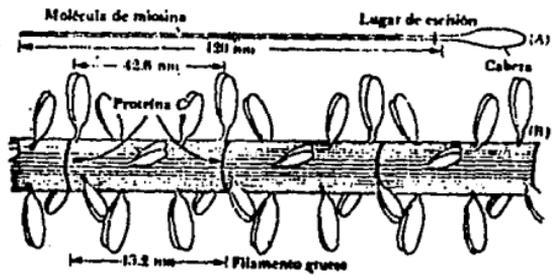


Fig. 7 Diagrama de la estructura fina de un filamento de miosina, (A) molécula de miosina en la que se aprecia la cabeza, la cola y el lugar de escisión, y (B) Filamento de miosina en el que se aprecian dobles cabezas que sobresalen y periódicamente (cada 43.2 mm) la banda de proteína C que lo envuelve. Forrest (19)

La actinina-beta, otra proteína globular, se localiza en las terminaciones de los filamentos de actina y se cree que su función es regular su longitud manteniéndola constante, de aproximadamente 1 micrómetro en cada mitad del sarcómero.

Las proteínas M, se encuentran como los constituyentes de la línea M, que mantienen unidas las colas de miosina y conservan la disposición de sus filamentos. Su concentración aproximada es del 4 % de la proteína fibrilar (19,39).

Dentro de la variedad de lípidos existentes, algunos sirven de fuente de energía celular, otros contribuyen a la estructura y funcionalidad de la membrana celular y otros más están implicados en funciones metabólicas como las hormonas y vitaminas.

El contenido lipídico de los músculos es muy variable, aproximadamente del 1.5 - 13 %, su composición fundamental se basa en lípidos neutros (triglicéridos) y fosfolípidos. Aunque en las fibras musculares se encuentran algunos lípidos intracelulares, la mayoría se localizan en los depósitos de tejido adiposo o grasa intramuscular, también conocida como veteado.

Su contenido lipídico depende del corte de carne y de la cantidad de grasa que se dejó en el mismo durante el despiece y el recortado (Cuadro 1).

Las grasas de la carne se describen generalmente como saturadas, contienen cantidades variables de colesterol y de ácidos grasos (19,28).

1.4 Valor nutritivo

El músculo contiene agua en un 75% aproximadamente de su peso, éste es el principal componente en el que se encuentran suspendidas numerosas sustancias químicas, así mismo sirve como medio de transporte de infinidad de compuestos.

La carne y sus derivados contienen un buen balance de aminoácidos esenciales, por lo que presentan un alto valor biológico. Las proteínas constituyen del 16 al 22% de la masa molecular y son el componente principal de la materia sólida (28,32).

Los carbohidratos en el músculo están presentes en un porcentaje muy pequeño, que varía de 0.5 - 1.3 %, ya que desaparecen durante el desarrollo del rigor mortis. Por lo tanto el glucógeno de la carne juega un papel clave que determina las propiedades físicas de ésta y sus productos.

**CUADRO 1. COMPOSICION DEL LARDO CONTENIDO EN 100 g DE
CARNE DE CERDO**

Valor energético (cal)	879.0
Humedad (%)	0.6
Grasa (g)	99.4

Fuente: Leverton (32)

La carne es una buena fuente del complejo B, pero es bajo en vitaminas liposolubles A,D,E,K y vitamina C.

Los minerales que componen el músculo representan el 3.4%, constituye una buena fuente de hierro y fósforo.

Existen diversos tipos de lípidos en el músculo, predominando los lípidos neutros (ácidos grasos y glicéridos). De los ácidos grasos saturados, los que predominan en las grasas animales son el palmítico (C₁₆) y el esteárico (C₁₈). Los ácidos grasos insaturados más abundantes son el palmitoléico, el oléico, el linoléico y el linoléico. El ácido oléico es el que más abunda. Los lípidos predominantes son los que contienen una unidad de ácido palmítico y dos de ácido oléico, seguidos de los que contienen una de oléico, otra de palmítico y una más de esteárico (19,39).

1.5 Métodos de Conservación

La carne al presentar un elevado contenido en nutrientes, constituye un excelente medio de cultivo para los microorganismos, por lo que se hace necesario someterla a procesos que permitan su conservación (2,15).

1.5.1 Antecedentes históricos del procesamiento de la carne. La Industria Cárnica a diferencia de la mayoría de las grandes Industrias modernas, data de tiempos prehistóricos, y no hay duda de que se desarrolló tan pronto como el hombre se convirtió en cazador. Posiblemente el primer tipo de carne procesada fue la desecada al sol, siendo una de las civilizaciones pioneras la Egipcia; algo más tarde se desecó sobre fuego lento de madera para dar un producto seco y ahumado semejante al tasajo, esta técnica fue aplicada por los aborígenes de América. La salazón y el ahumado de la carne eran prácticas antiguas que se realizaban en tiempos de Homero, 850 a.C. Estos primitivos productos cárnicos procesados se prepararon con un solo objetivo, su conservación para emplearlos en períodos posteriores. El hombre había aprendido muy pronto que la carne desecada o fuertemente salada no se deterioraba tan fácilmente como la fresca. Por su parte, los Romanos ganaron crédito al ser los primeros en usar el hielo para mantenerla en buen estado.

La tecnología ha avanzado, desarrollando métodos más modernos de conservación, algunos de los cuales surgieron para satisfacer necesidades especiales, como el enlatado, inventado por Nicolás Appert en 1809, quien recibió una encomienda especial de parte del Gobierno Francés. A partir de este tiempo surgieron cambios que implicaron el desarrollo

de nuevos métodos, los cuales se descubrieron durante el desarrollo de etapas difíciles como la 1a. y 2a. guerras mundiales, en esta última surgió el uso de antibióticos; en el campo alimenticio se dieron a conocer otros métodos de conservación como la refrigeración, congelación e irradiación de alimentos (39).

El objetivo primordial del procesamiento de la carne ha sido la preservación de ésta por medio de la inhibición o destrucción de los microorganismos existentes en estos productos.

En los últimos años, uno de los procesos de conservación más utilizados lo constituye la elaboración de embutidos, proceso a través del cuál también se logran mejorar el sabor, olor y color de la carne.

1.5.2 Procesos que se utilizan en la actualidad. Los sistemas de conservación de la carne se dividen en físicos y químicos. El primer tipo comprende la refrigeración, congelación, desecación y esterilización. Los sistemas químicos incluyen la salazón, el curado y el ahumado. En general se emplea una combinación de los dos (40).

1.5.2.1 Curado. Este método permite la conservación de la carne mediante la adición de sustancias curantes como la sal y el nitrito de sodio; agentes que inhiben el crecimiento de bacterias patógenas, como es el caso del *Clostridium botulinum*.

Las modificaciones que sufre la carne en el curado van relacionadas directamente con su sabor, color, blandura y conservación. La sal se utiliza como conservador en pequeña proporción y añade sabor al producto. El nitrito de sodio sirve como fijador del color rojo, a través de varios cambios químicos que ocurren en el pigmento muscular llamado mioglobina; éste tiene un color casi morado. Al tener contacto con el oxígeno del aire, se convierte en oximioglobina, cuyo color es rojo vivo, pero inestable, si se prolonga la exposición al aire, la oxidación es excesiva y el pigmento se convierte en metamioglobina cuyo color es casi café. Durante la cocción de la carne, estos pigmentos proteínicos se desnaturalizan y producen el color café característico de la carne cocida (34,39).

En la formación del pigmento de la carne curada influye el tiempo, la temperatura del producto y la presencia de oxígeno. El desarrollo del color del curado en los embutidos es bastante lento a temperaturas de refrigeración, pero se acelera al elevarse la temperatura del producto durante la cocción. En la figura 8 se muestran los cambios químicos que ocurren en la mioglobina (19,28).

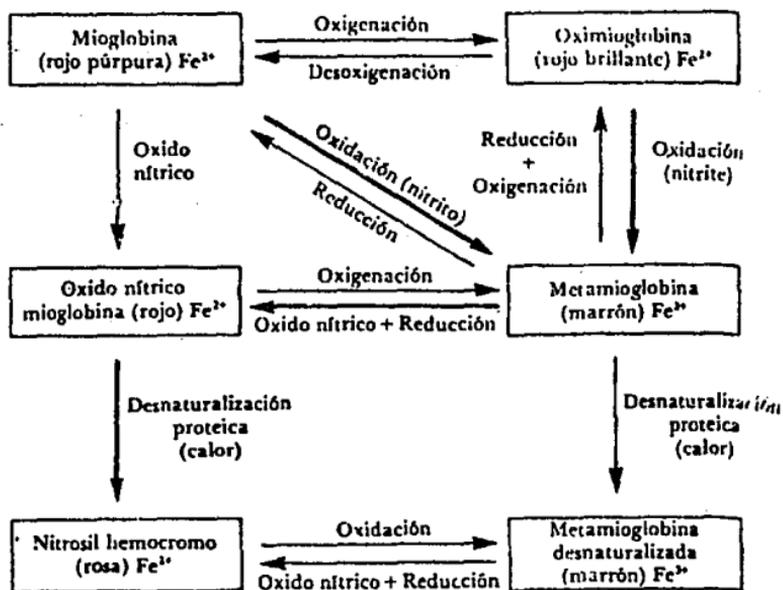


Fig. 8 CAMBIOS QUÍMICOS QUE PUEDE EXPERIMENTAR LA MIOGLOBINA DÚRANTE EL DESARROLLO DEL PIGMENTO FINAL DE CARNE CURADA. (19)

La mioglobina oxinfrica posee un color rojo brillante atractivo y es el pigmento que se encuentra en la carne antes de tratarla térmicamente, el color se estabiliza por la desnaturalización de la porción proteínica de la mioglobina, bajo la acción del calor, resulta el pigmento nitrosilhemocromo, que da el color rosa brillante característico de la carne curada.

El nitrosilhemocromo es un pigmento termoestable, por lo que no sufre cambios de color durante cualquier cocinado adicional del producto curado, aún cuando es muy susceptible a la decoloración por la luz (28,39).

Dentro del Curado se distinguen 3 sistemas:

-Curado en seco. Es un método muy lento, consiste en aplicar externamente los agentes de curado por frotamiento en seco o en forma de salmuera como cubierta.

La penetración de las sales de curado aplicadas externamente puede acelerarse bastante elevando la temperatura. La temperatura de la salmuera de inmersión se mantiene a 49°C o más durante varias horas o hasta que los agentes de curado penetren efectivamente.

Este método se utiliza para curar tocino y recortes de carne vacuna destinados a la fabricación de embutidos.

-Curado en húmedo: Este sistema utiliza agua como vector de las sustancias curantes, sumergiendo las carnes a curar en salmuera. Las ventajas incluyen una completa disolución de los ingredientes solubles, dando como resultado una distribución uniforme y una reducción del tiempo de curado. Las piezas de carne a curar se sumergen en una salmuera fría, en un ambiente de aproximadamente 3°C. Es conveniente cambiar de posición las piezas cada 24-48 horas y mezclar la salmuera para lograr una distribución uniforme. El tiempo de curado es de 7 días.

-Curado por inyección: Este método consiste en introducir la salmuera en el interior de la carne por medio de inyección a presión y complementar así el curado con el sistema húmedo o seco. Este sistema asegura una distribución homogénea y mucho más rápida de las sustancias curantes en el interior de la carne. Este método ha resultado sumamente útil y es empleado a nivel industrial, en productos como el tocino y jamones.

El tiempo de curado depende fundamentalmente de la demanda del producto elaborado. Algunos industriales utilizan un tiempo de curado mínimo, que en caso necesario puede

prolongarse hasta dos semanas como máximo. Cuando el almacenamiento se prolonga, la temperatura debe reducirse a -1°C para retardar el curado. Para productos como el tocino, el proceso térmico y el ahumado se completan en 12-15 horas cuando la temperatura interna es de $49-52^{\circ}\text{C}$ (35).

1.5.2.2 Ahumado. El objetivo principal del ahumado de los embutidos consiste en conferirles un sabor característico. Los componentes del humo contribuyen además a evitar el enranciamiento y la alteración bacteriana e impartirles mejor aspecto visual. Los embutidos pueden ser ahumados con humo natural o con preparaciones de humo líquido. La duración de la exposición al humo dependen de la densidad del humo, pero no se necesitan más de 5 minutos par las salchichas Frankfurt y de 10- 20 minutos par los productos embutidos con mayor diámetro. Para que el ahumado sea eficaz, los embutidos tienen que exponerse a la acción de grandes volúmenes de humo. Los compuestos ácidos del humo, tanto natural como líquido, pueden coagular las proteínas de la superficie de los embutidos y formar una piel o película de proteína desnaturalizada que facilita la operación de pelado de las salchichas cocidas (19,35).

El ahumado de los productos cárnicos suele realizarse simultáneamente al procesado térmico. El humo que se deposita sobre los productos les confiere cierta protección contra la oxidación de la grasa. Normalmente el humo se produce con serrín de madera dura, se utiliza de roble y nogal, pero cuando se desean aromas especiales, se emplean otras maderas duras o blandas.

Existen 2 sistemas de ahumado:

-**Ahumado en frío:** se utiliza humo frío, quemando leña dura o aserrín un poco húmedo y haciéndolo chocar contra placas metálicas que reducen su temperatura.

-**Ahumado en caliente:** se lleva a cabo a temperaturas de $50-55^{\circ}\text{C}$, los componentes del humo no penetran muy profundo por la elevada desecación y arrugamiento de la superficie, se utiliza para embutidos frescos de corta duración (28,39).

1.6 Emulsiones Cárnicas.

1.6.1 Definición de una emulsión aceite en agua. Es básicamente un sistema de dos líquidos inmiscibles, comúnmente grasa y agua, en el cual uno de los líquidos es dispersado

como gotas de tamaño microscópico (grasa: fase dispersa) en el otro líquido (agua: fase continua) (38).

Un tercer componente es el emulsificador, el cual adsorbe en la superficie las gotas de grasa durante el proceso de emulsificación, formando una capa protectora en conjunto con otros posibles aditivos, por ejemplo, pequeñas concentraciones de hidrocoloides en la fase continua de la emulsión, que aumentan su viscosidad; los emulsificadores estabilizan la emulsión reduciendo el peligro de la coalescencia entre las gotas de grasa (figura 9) (2,8,38).

Un ejemplo de este tipo de emulsiones son los embutidos.

1.6.2 Funciones de las proteínas en una emulsión cárnica. Durante la preparación de las emulsiones cárnicas, las proteínas solubilizadas y el agua forman una matriz que encapsula a los glóbulos de grasa. Para que las emulsiones formadas sean estables es absolutamente necesario que las proteínas se encuentren disueltas. Esto se consigue a través de dos formas:

-Tratando las carnes magras con salmuera diluida para solubilizar las proteínas miofibrilares.

-Por la acción del corte de las cuchillas de una Cúter.

Una vez disueltas las proteínas, se dispersa la grasa para que la proteína de la fase continua recubra a los glóbulos de grasa dejándolos encapsulados. Durante la cocción funde toda la grasa que no había fundido por el calor generado en la cúter, aunque los glóbulos de grasa permanecen individualizados por la membrana proteínica. Después de la cocción, la membrana delimitante de los glóbulos de grasa se altera profundamente y la proteína presente en la fase continua de la emulsión coagula formando masas densas de forma irregular. Los principales emulsionantes son las proteínas solubles en soluciones salinas, miosina y actina (19).

1.6.3 Definición de Embutido. Los embutidos son productos elaborados a base de carne picada y condimentada con forma generalmente simétrica (39).

Los embutidos de acuerdo al tratamiento térmico al que son sometidos se clasifican de la siguiente forma:

Capa de
proteína soluble

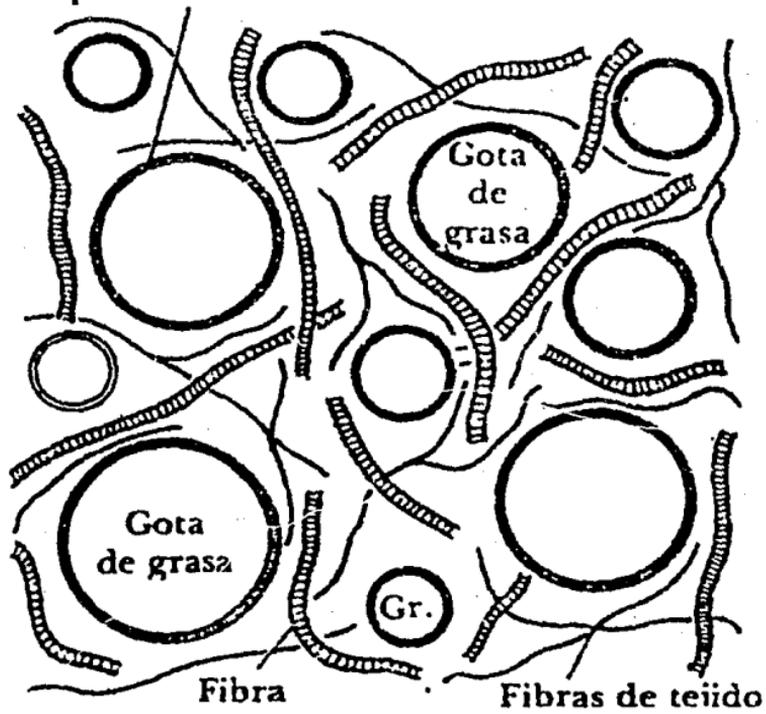


Fig. 9 ESQUEMA DE UNA EMULSION CARNICA.

1.6.3.1 Embutidos frescos. Son carnes frescas, de cerdos principalmente, sin curar, picadas, sazonadas y generalmente embutidas en tripas, deben cocinarse para su consumo.

Ejemplos : Salchichas frescas de cerdo, Bratwurst, Brockwurst.

1.6.3.2 Embutidos secos y semisecos. Carnes curadas, desecadas al aire, pueden ahumarse antes de la desecación; se consumen como fiambre.

Ejemplos : salami de Génova, Pepperoni, Lebanon Bologna.

1.6.3.3 Embutidos cocidos. Carnes curadas o sin curar, emulsionadas, sazonadas, embutidas en tripa, cocidas y en ocasiones ahumadas, generalmente se consumen como fiambre.

Ejemplos: Salchichas de hígado, Braunschweiger, Queso de hígado, Salchichas viena.

1.6.3.4 Embutidos ahumados cocidos. Carnes curadas, emulsionadas, sazonadas, embutidas en tripas, ahumadas y completamente cocidas, no requieren preparación culinaria.

Ejemplos: Salchichas Frankfurt, salchichas de Bologna, salchichas de Córcega.

1.6.3.5 Embutidos ahumados no cocidos. Carnes frescas, curadas o sin curar, embutidas, ahumadas sin cocer; se sirven completamente cocinadas.

Ejemplos: Salchichas de cerdo ahumadas, Mettwurts, Kielbasa

1.6.3.6 Especialidades a base de carnes cocidas. Productos cárnicos especialmente preparados, con carnes curadas o sin curar, cocidas pero raramente ahumadas; con frecuencia se fabrican sin envoltura en forma de filetes, lonchas o rodajas preenvasadas; que se consumen como fiambre.

Ejemplos: Panes de carne, queso de puerco, Scrapple (34,43).

1.7 Definición de Salchicha.

Es un embutido de pasta semifirme de color característico, elaborado con la mezcla de carne (60 % mínimo) de ternera o res y cerdo, con grasas de las especies antes mencionadas; adicionada de condimentos y aditivos para alimentos que sufren un proceso de curación, pudiendo ser ahumados o no. Sometidos a cocción y enfriamiento, empacados en tripas naturales o sintéticas para su distribución y conservación en refrigeración (NOM-F-65-1984)(46).

1.8 Especificaciones de Calidad de las Salchichas.

La NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-F-65-1984 ALIMENTOS, establece para salchichas, las especificaciones de dimensiones, composición y microbiológicas, señaladas en los cuadros 2,3 y 4.

Se permite el uso de algunos aditivos dentro de los límites autorizados por la Secretaría de Salubridad y Asistencia (Cuadro 5).

1.9 Materia Prima Usada en La Elaboración de las Salchichas

En la elaboración de este producto se utilizan las materias primas que se mencionan a continuación:

1.9.1 Carne: sus proteínas actúan como emulsificantes y componentes donde se encuentran atrapados los glóbulos de grasa, por lo que constituyen la matriz, que es la estructura principal de la salchicha (19,28).

Los distintos tipos de carnes utilizadas en su elaboración presentan diferencias en su valor nutritivo y en sus propiedades fisicoquímicas (Cuadro 6).

1.9.1.1 Carne de pavo. La carne de pavo representa una buena fuente de proteínas, minerales, vitaminas del complejo B. Presenta un valor nutricional similar al de la carne de cerdo, pero posee mayores concentraciones de calcio, fósforo y niacina. Su contenido en grasa es comparable al de la carne de cerdo. Este tipo de carne presenta buena estabilidad en la formación de una emulsión, ya sea sola o en combinación con otras carnes, así como una buena capacidad de retención de agua al utilizarla en la elaboración de embutidos y presenta menores pérdidas de peso durante el proceso (4,13).

CUADRO 2. ESPECIFICACIONES FISICAS DE LAS SALCHICHAS DE ACUERDO A SU TIPO

DIMENSIONES	I Viena (mm)	II Frankfort (mm)	III Cocktail (mm)
Diámetro	14-26	20-33	14-26
Longitud	50-300	80-300	30-65

Fuente: NOM-F-65-1984 (46)

CUADRO 3. ESPECIFICACIONES QUIMICAS DE LAS SALCHICHAS

ESPECIFICACIONES	MINIMO EN %	MAXIMO EN %
HUMEDAD	---	70.0
GRASA	---	30.0
PROTEINA	9.5	--

Fuente: NOM-F-65-1984 (46)

CUADRO 4. ESPECIFICACIONES MICROBIOLOGICAS DE LAS SALCHICHAS

Staphylococcus aureus	5000 Col/g máx.
Salmonella negativa	en 25 g
Mesofílicas aerobias	500,000 Col/g máx.

Fuente: NOM-F-65-1984 (46)

CUADRO 5. ADITIVOS PERMITIDOS EN LAS SALCHICHAS

ADITIVO	TIPO DE ADITIVO	MAXIMO EN PRODUCTO	MINIMO EN PRODUCTO
NITRITO DE SODIO	OXIDANTE	156 ppm	---
NITRATO DE SODIO	OXIDANTE	156 ppm *	---
ASCORBATO Y/O - ERITORBATO DE - SODIO	ANTIOXIDANTE	--	0.5 %
0			
ACIDO ASCORBICO	ANTIOXIDANTE	--	0.25%
POLIFOSFATO DE SODIO Y/O POTASIO	EMULSIFICANTE	0.5 %	--
CEREALES, HARINAS LECHE EN POLVO.	AGENTES DE RELLENO	10.0 % **	--
ESPECIAS, CONDIMENTOS	SABORIZANTE	--	--

Fuente: NOM-F-65-1984 (46)

CUADRO 6. VALOR NUTRITIVO DE LOS DISTINTOS TIPOS DE CARNES
COMPOSICION POR 100 g DE PORCION COMESTIBLE

NUTRIENTES	CARNE DE CABALLO	CARNE DE RES	CARNE DE PAVO	CARNE DE CERDO
Valor energético (cal)	118.0	113.0	268.0	194.0
Humedad (%)	76.0	75.2	58.3	68.2
Proteína (g)	18.1	21.4	20.1	17.5
Grasa (g)	4.1	2.4	20.2	13.2
Carbohidratos (g)	0.9	0.0	0.0	0.0
Fibra (g)	0.0	0.0	0.0	0.0
Cenizas (g)	0.9	1.0	1.0	1.1
Calcio (mg)	10.0	16.0	23.0	6.0
Fósforo (mg)	150.0	179.0	320.0	212.0
Hierro (mg)	2.7	4.0	3.8	1.8
Vitamina A (mcg)	0.0	0.0	0.0	0.0
Tiamina (mg)	0.07	0.07	0.09	0.85
Riboflavina (mg)	0.12	0.20	0.14	0.22
Niacina (mg)	4.3	2.9	8.0	4.0
Acido ascórbico (mg)	0.0	0.0	0.0	0.0

Fuente: Leverton (32)

1.9.1.2 Carne de cerdo. Es una fuente rica en proteínas, minerales y vitaminas del complejo B. Tiene menores concentración de niacina y calcio en comparación con la carne de aves de corral. Presenta una excelente estabilidad en lo que respecta a la duración de la emulsión en comparación con las preparadas a partir de carne de aves y representa un mayor gasto promedio de carne para la elaboración del embutido; posee una consistencia firme ,tiene un sabor agradable y apto para mezclarla con otro tipo de carne (19,39).

1.9.1.3 Carne de res. Al igual que los otros tipos de carne, es una excelente fuente de proteínas, minerales y vitaminas del complejo B. Su valor nutricional presenta una menor concentración de calcio y de niacina en comparación con la carne de aves. Presenta un menor contenido graso que la carne de cerdo y la de pavo, es muy apreciada por su sabor (7,12,19).

1.9.1.4 Carne de caballo. Es una buena fuente de calorías, su contenido en grasa es parecido a la de res, en combinación con otras carnes presenta buenas propiedades para emulsionar y formar un embutido estable, aún cuando su olor es muy fuerte, se cubre con condimentos y especias. En lo que respecta a suavidad, esta carne es muy dura, debido a la gran cantidad de tejido conectivo que la compone (31,39).

Por otro lado, la cantidad del pigmento muscular, mioglobina, varía en los animales con respecto a la especie, edad, sexo, músculo de que se trate y actividad física, explica las diferencias de color de los distintos tipos de carnes, por ejemplo, al comparar el color pálido de la carne de cerdo con el color rojo brillante de los bóvidos y el rojo oscuro de la carne de caballo con el rosa pálido de la carne de pavo (19).

1.9.2 Grasa. Entre sus principales funciones se incluyen: dar jugosidad y suavidad a las salchichas, así como una textura y sabor característico. Afecta directamente en la formación de la estructura de la emulsión al unirse a las proteínas, por medio de enlaces hidrófobos.

La grasa que más se utiliza es la de cerdo (lardo,papada), debido a que son más blandas y funden a temperaturas más bajas, su desintegración es más fácil que las de las grasas de carne vacuna (11,39).

1.9.3 Sal (NaCl). Todas las formulaciones llevan sal, cuyo papel principal es actuar como agente aromatizante.La sal actúa como conservador retardando el crecimiento

bacteriano, es decir como agente bacteriostático, y su eficiencia depende de la concentración de sal en la salmuera del embutido. Su capacidad de solubilizar las proteínas del músculo tiene importancia vital en la fabricación de embutidos, así mismo aumenta la fuerza iónica, lo que redundará en la mejor extracción de las proteínas. Al influir la sal en la retención del agua, influye por lo tanto en el rendimiento del producto (3,36).

Tiene una desventaja, promueve el desarrollo de la rancidez oxidativa, lo que disminuye la vida de anaquel de productos elaborados con sal (39).

1.9.4 Nitrito. La adición de nitrito a los productos cárnicos procesados les proporciona propiedades bacteriostáticas, ya que inhibe eficazmente el desarrollo de diversas bacterias, entre las que sobresale *Clostridium botulinum*. De hecho la adición de 150 ppm de nitrito a los productos cárnicos enlatados o envasados al vacío y procesados, previene la formación de la toxina botulínica que puede ocurrir a niveles de nitrito más bajos o en su ausencia (3,28).

El nitrito estabiliza el color de los tejidos magros, contribuye al sabor característico de productos curados y retarda el desarrollo de la rancidez (19).

1.9.5 Agua y/o hielo. La cantidad de agua que se adiciona durante el procesado depende de la composición y propiedades de la materia prima, de las pérdidas que se esperan durante todas las fases del procesado y del nivel de humedad deseado en el producto final (38).

Existen varias razones para adicionar agua, muchos productos se desecarían y carecerían de palatabilidad si en el producto final no hubiera más agua que la contenida en los componentes cárnicos; el agua adicionada mejora la blandura y la jugosidad, ayuda a mantener baja la temperatura durante su emulsificación, para que no se produzca un excesivo calentamiento e inestabilice la emulsión, ayuda a que el producto elaborado posea la textura deseable, mejora las características reológicas de la emulsión y aumenta el rendimiento del producto final (9,51).

Las proteínas tanto cárnicas como no cárnicas, se extraen y se dispersan para actuar eficazmente como emulsionantes. El agua disuelve la salmuera que se requiere para solubilizar las proteínas miofibrilares. Si la emulsión no contiene suficiente cantidad de agua, no se logrará toda la capacidad emulsionante de la carne. Además constituye la fase continua de la emulsión cárnica (8,28).

La adición de agua ayuda a que se disuelvan el cloruro de sodio y las sales de curación obteniéndose una mejor distribución de las mismas en la pasta; imparte también fluidez a la emulsión.

La humedad supone del 45 - 60 % del peso final de los productos cárnicos procesados, más que ninguno de los otros componentes independientes (19).

1.9.6 Agentes de relleno y ligantes. A los embutidos se les suele incorporar una variedad de productos no cárnicos que generalmente se les denomina dispersantes, ligantes y agentes de relleno. Se añaden a la formulación para mejorar la estabilidad de la emulsión, aumentar el rendimiento durante la cocción, mejorar las características de corte y el sabor, así como reducir costos de formulación (3).

Dentro del grupo de los agentes de relleno comúnmente utilizados en la elaboración de embutidos, se encuentran las harinas de cereales como trigo, centeno, maíz ó arroz y almidón, dentro de estas mismas harinas están el almidón de papa, el jarabe de maíz, etc., que son ricas en almidón pero relativamente pobres en proteínas, por lo tanto ligan grandes cantidades de agua, pero tienen una escasa capacidad emulsificante.

Los ligantes son aquellos materiales no cárnicos que contribuyen tanto a ligar agua como a emulsificar la grasa. Los más empleados en las formulaciones de embutidos se caracterizan por un apreciable contenido de proteína como por ejemplo: leche en polvo, harina, triturados, concentrado y proteína aislada de soya, esta última contiene 90% de proteína, con un aroma suave característico, se dispersa en agua y tiene excelente capacidad de ligar agua y grasa (23,36).

1.9.7 Especies. Las especies son sustancias aromáticas de origen vegetal que modifican o mejoran el aroma de los productos cárnicos procesados y contribuyen en parte a la conservación del producto.

Ciertas especies poseen propiedades antioxidantes y reducen la velocidad de desarrollo de la rancidez oxidativa. Algunas especies utilizadas en la elaboración de embutidos son: pimienta, jengibre, clavo, canela, paprika, nuez moscada, etc. (3,39).

1.9.8 Fosfatos. Existen dos tipos de fosfatos, los fosfatos ácidos y los alcalinos, estos últimos se utilizan para aumentar la capacidad de retención de agua de la carne, disminuyendo la pérdida de la misma durante la cocción. Estos aumentan la blandura y

jugosidad del producto curado, mejoran la aceptabilidad del color así como su uniformidad y estabilidad, producen desdoblamiento de las proteínas musculares y con esto se originan más sitios aprovechables para la unión con moléculas de agua, actúan en conjunto con el eritorbato de sodio para proteger las carnes curadas frente a la rancidez.

Solo los fosfatos alcalinas son efectivos para un mejor enlace con las moléculas de agua, ya que los fosfatos ácidos quizás bajan el pH y causan gran merma (19,39).

1.9.9 Ascorbato de sodio. El ascorbato de sodio se utiliza como un acelerante del curado y para obtener el color deseado, ya que es un agente reductor que dona electrones para que el nitrito se reduzca a óxido nítrico y posteriormente obtener el pigmento que da el color característico (28).

1.10.10 Azúcar. Se utiliza en pequeñas proporciones, 0.2 - 0.5% del total del peso del producto, su adición es primeramente para el sabor en el curado, también interactúa con los grupos aminos de las proteínas y durante el cocimiento forma productos de color café, los cuales mejoran el sabor de las carnes curadas (39).

1.10 Proceso de Elaboración de Salchichas.

En forma general, para la elaboración de salchichas, se llevan a cabo las operaciones que a continuación se describen.

1.10.1 Picado. Proceso mediante el cual se reduce el tamaño de la carne. En el caso de los embutidos, el picado es tan fino que constituye una emulsión cárnica.

Los procesos de picado presentan estas ventajas:

- Mejor uniformidad del producto debida a un tamaño de partícula homogéneo y a una distribución regular de los ingredientes.

- Aumento en el ablandamiento de la carne al subdividirla en partículas más pequeñas.

El equipo utilizado comúnmente son las picadoras o trituradoras, cutters silenciosas, molinos coloidales y máquinas formadoras de copos o escamas.

El cutter se utiliza para reducir el tamaño de las partículas de carne y grasa y para mezclar los ingredientes.

Un picado en la cutter a bajas temperaturas posee un efecto positivo, ya que las proteínas musculares van a ser mejor disgregadas en el ámbito del punto de congelado.

La carne rica en grasa debe ser picada durante un tiempo muy corto, dado que un picado muy intenso resalta más los efectos negativos que aquellos positivos que se presentan. La grasa debe ser procesada en la cutter durante el tiempo necesario para que no se detecte más (28,29,34).

1.10.2 Mezclado. La función del mezclado es asegurar una distribución más uniforme de los ingredientes, especialmente de las sales de curado y condimentos, que la que se podría conseguir mediante una simple trituración (19).

1.10.3 Emulsificación. Cuando se lleva a cabo la emulsificación conviene que se eleve un poco la temperatura, hasta un máximo de 14°C, pues ayuda a la liberación de las proteínas solubles, acelera el desarrollo del color del curado y mejora las características del flujo.

Durante la emulsificación, la grasa presente en los ingredientes cárnicos debe subdividirse en partículas cada vez más pequeñas hasta que se forme una emulsión; no obstante, a medida que disminuye el tamaño de las partículas grasas hay un aumento proporcional del área de la superficie total de las mismas. Por lo tanto, el sobrepicado de las emulsiones puede dar lugar a una área superficial de partículas tan grande que la proteína soluble presente no pueda estabilizar adecuadamente la emulsión.

Las partículas grasas no recubiertas, o sólo en parte, no forman emulsiones estables. Generalmente, a medida que disminuye el tamaño de la partícula grasa, se necesita mayor cantidad de proteína soluble para formar una emulsión estable.

La estabilidad de la emulsión aumenta a medida que lo hace la cantidad de proteína soluble disponible para actuar como agente emulsificante. La cantidad de grasa emulsificada por unidad de proteína se expresa como capacidad o poder de emulsificación (19,28,30).

1.10.4 Escaldado de embutidos. El fundamento del calentamiento, es lograr la consolidación (coagulación) de la estructura proteínica característica del embutido, eliminar

microorganismos, inactivar enzimas y obtener las características sensoriales deseadas (color, sabor y consistencia).

La coagulación de las proteínas miofibrilares solubles en sal, comienza aproximadamente a 40°C y finaliza a 60°C. Por el contrario, las proteínas sarcoplasmáticas solubles en agua se encuentran a 50°C disueltas aún en gran medida e incluso a 70°C no están totalmente desnaturalizadas (8,19).

Para la formación de una estructura proteínica óptima se requiere una temperatura de calentamiento de por lo menos 65°C y mejor aún de 70°C.

El calentamiento modifica al producto también en sus características sensoriales y nutritivas, el grado de estas modificaciones depende de diversos factores, por ejemplo, calidad de la materia prima, tipo y forma de la tripa, temperatura y tiempo de calentamiento.

El proceso térmico destruye siempre un porcentaje determinado del número de gérmenes. La cocción debe efectuarse con controles de temperatura exacto para llegar a la temperatura interna de 72°C en el producto.

La temperatura de cocción en agua o vapor, es de 80°C, el tiempo dependiendo del calibre entre 10 minutos y 3 horas para alcanzar una temperatura interna de 72°C, este tratamiento térmico durante el proceso de fabricación es indispensable para todos los embutidos crudos-cocidos para formar la consistencia del producto. Las temperaturas de cocción no deben llegar nunca al punto de ebullición del agua (29,30).

1.10.5 Factores que afectan la formación y estabilidad de la emulsión. Cuando la masa es triturada y batida muy intensamente o a temperaturas muy bajas o muy elevadas, se originan defectos en la red proteínica y en la emulsificación, que resultan en deficiencias de la estructura después del tratamiento térmico. A temperaturas muy altas se quiebran partes de la red proteínica, a temperaturas muy bajas el producto adquiere enrojecimiento corto, es decir que no es muy estable, indicando así que el proceso de curado no se llevó a cabo completamente y además bajo estas circunstancias muchas bacterias afectan negativamente el color (9,10).

1.11 Situación Nacional de la Producción de Embutidos.

En los últimos años se ha elevado la demanda de embutidos como la salchicha, debido entre otras razones, a que proporcionan variedad a la porción cárnica de la dieta y presentan propiedades organolépticas agradables. Esta es una de las causas por las que se ha incrementado en los últimos años (Cuadro 7), sin embargo ha sido insuficiente para cubrir la demanda nacional, observándose una disminución en los volúmenes de exportación en forma paralela a incrementos en los de importación, esta situación se acentúa más del año 1987 a 1989 (Cuadro 8).

En el año de 1989, las exportaciones se ubicaron en 5 millones 748 mil pesos, en tanto que las importaciones lo hicieron en 24 millones 877 mil 934 pesos.

1.11.1 Costo y Disponibilidad de la Carne. Entre los problemas que se presentan en la fabricación de embutidos, se encuentran la disponibilidad y costo de su materia prima fundamental: la carne.

Antes de que los animales puedan proporcionar alimentos al hombre en forma de carne, leche y huevos, tienen que satisfacer sus propias necesidades fisiológicas en cuanto a energía y síntesis. En un país avanzado, es posible convertir el grano a razón de 2.5 k/k de pollo, 4 k/k de cerdo y 10 k/k de res, ello determina el elevado precio de este alimento (39).

En nuestro país, el precio de la carne se ha elevado progresivamente, siendo este fenómeno más notorio a partir de 1986 (Cuadro 9), en donde la disminución en cuanto a producción de ganado bovino y porcino fue de 9.1 y 11.7 % y el aumento en el precio fue de 728 y 1,062 % respectivamente.

En relación a la disponibilidad de la carne, se presenta una situación grave debida a la disminución en su producción (Cuadros 10, 11, 12).

En lo que respecta a producción y consumo de carne de cerdo, de 1984 a 1989 sufrieron un decremento, situación que está relacionada con el costo de los insumos necesarios para su obtención, que repercute en menor rentabilidad y aumento, aunque controlado en su precio al público. La producción total programada en carnes de pollo, res y cerdo, para los próximos 3 años será insuficiente para cubrir la demanda interna del país, lo que seguirá provocando la importación de estos productos (Cuadro 13).

CUADRO 7. PRODUCCION DE EMBUTIDOS A NIVEL NACIONAL DURANTE EL PERIODO 1987 - 1988.

CONCEPTO	1987		1988	
	VOLUMEN (TON)	VALOR (Miles de dólares)	VOLUMEN (TON)	VALOR (Miles de dólares)
Saichicha	3,448	9,167	3,882	16,821
Longaniza y chorizo	368	1,290	440	2,642

Fuente: S.P.P. (47)

CUADRO 8. EXPORTACIONES E IMPORTACIONES DE EMBUTIDOS Y PRODUCTOS SIMILARES EN MEXICO DE 1985 - 1989

TIPO DE PRODUCTO:	EMBUTIDOS Y PRODUCTOS SIMILARES				
CONCEPTO	AÑOS				
	1985	1986	1987	1988	1989
EXPORTACIONES (miles de dólares)	21	390	617	0	2
IMPORTACIONES (miles de dólares)	1062	852	823	4026	8691

Fuente: S.P.P. (47)

**CUADRO 9. PRECIO PROMEDIO DEL KILO DE CARNE DURANTE EL PERIODO
1984 - 1989**

TIPO DE CARNE	AÑOS					
	1984	1985	1986	1987	1988	1989
Carne de res (en pie)	295	377	540	1774	3800	3981
Carne de res (canal)	500	580	932	2981	6033	6172
Carne de puerco (en pie)	320	395	825	2420	3300	3477
Carne de puerco (en canal)	360	500	1024	3388	4314	6336

Fuente: Subsecretaría de Ganadería (51)

**CUADRO 10. INVENTARIO Y PRODUCCION DE GANADO PORCINO DURANTE EL
PERIODO DE 1984 - 1988**

CONCEPTO	1984	1985	1886	1987	1988
Miles de cabezas	19,393	18,597	17,779	15,692	14,547
Producción de Carne (TON)	1'455,304	972,778	959,259	855,709	826,861
Consumo per Capita (kg)	18.95	12.39	11.97	10.47	9.98

Fuente: Subsecretaría de Ganadería (51)

**CUADRO 11. INVENTARIO Y PRODUCCION DE AVES PARA CARNE
DURANTE 1984 - 1988**

CONCEPTO	1984	1985	1986	1987	1988
Producción Total (TON)	489,917	595,451	609,197	654,598	680,297
Aves de de- secho (TON)	54,619	55,684	80,338	66,555	76,529

Fuente: Subsecretaría de Ganadería (51)

**CUADRO 12. INVENTARIO Y PRODUCCION DE CARNE BOVINA DURANTE EL
PERIODO DE 1984 - 1989**

CONCEPTO	1984	1985	1986	1987	1988
Producción de Carne (TON)	779,827	735,333	858,247	743,803	713,694
Consumo per cápita (kg)	14.23	9.42	8.75	7.91	6.39

Fuente; Subsecretaría de Ganadería(51)

CUADRO 13. PROYECCION DE PRODUCCION Y CONSUMO INTERNO DE CARNE BOVINA, PORCINA Y DE POLLO PARA EL PERIODO 1992-1994

TIPO DE CARNE	CONCEPTO	1992	1993	1994
Bovina	Producción Total (TON)	959,377	970,722	1'009,245
	Demanda Interna (TON)	969,814	1'005,026	1'041,516
Porcina	Producción Total (TON)	945,393	989,826	1'035,358
	Demanda Interna (TON)	962,399	997,676	1'035,001
Pollo	Producción Total (TON)	815,273	856,037	898,839
	Demanda Interna (TON)	969,705	1'021,502	1'108,323

Fuente: Subsecretaría de Ganadería (51)

1.12 Factores de Calidad de los Alimentos.

Los principales factores de calidad en los alimentos son los siguientes:

-**Apariencia:** Se basa en las propiedades ópticas, como son color, forma, tamaño, etc.

-**Sabor y Olor:** El primero es percibido en la lengua y el segundo por el sentido del olfato.

-**Textura:** Se define como la respuesta del sentido del tacto a un estímulo físico, que resulta del contacto entre alguna parte del cuerpo y el alimento. Las propiedades de textura están directamente relacionadas con el arreglo de los componentes estructurales en una macro y microestructura (6,46).

La evaluación de la textura en los alimentos se puede realizar mediante la Reología y la Haptaéstasis.

La Reología: es la Rama de la Física que describe las propiedades físicas de un alimento por medio de la respuesta de éste ante la aplicación de una fuerza externa.

La Haptaéstasis: es una Rama de la Psicología que está relacionada con la percepción del comportamiento mecánico de los materiales (elasticidad, gomosidad, untuosidad, etc.)(6).

1.13 Definición de Textura.

La textura es una propiedad de los alimentos que resulta de un multifacético grupo de componentes físicos (Bourne 1982). Su evaluación se realiza frecuentemente por panelistas que la perciben mediante características mecánicas, geométricas, humedad-grasa y su orden de aparición, durante el proceso de masticación (Brandt et al 1963).

Según Szczesniak, la textura es un conjunto de propiedades o atributos que provienen de los elementos estructurados y la manera en que se registra o entiende con los sentidos psicológicos.

Hasta hace pocos años, la textura de los alimentos sólo podía ser evaluada sensorialmente. Actualmente existen diversos equipos para la determinación de esta propiedad reológica y se basan en la respuesta del alimento ante una acción mecánica externa, en forma similar al principio de la evaluación sensorial (7).

1.13.1 Percepción sensorial de la textura. La textura se percibe en 4 estados:

- inicial
- inicial en el paladar
- durante la masticación
- impresión del residuo de la masticación.

En la impresión inicial, la apariencia visual y las características de la muestra se observan. Durante la percepción inicial en el paladar, las características primarias y secundarias se perciben. Las características primarias son características analíticas como tamaño, distribución, forma o aspecto de la partícula, contenido de aire, etc.; las secundarias están constituidas por la elasticidad, viscosidad y adhesión, que son parámetros reológicos básicos.

Durante la masticación, la saliva secretada cambia las propiedades físicas de la muestra, ocurre la fase de transición de un estado sólido a líquido, o un cambio en su estado coloidal, se perciben los atributos de elasticidad, viscosidad y adhesividad, incluyéndose dureza, gomosidad, etc.; la fase residual envuelve los cambios inducidos en las características mecánicas y geométricas a través de la masticación, comprendiendo sensaciones aceitosas, sebosas, etc. (49,53).

1.13.2 Textura de emulsiones cárnicas. La textura es una de las propiedades más importantes de los productos cárnicos. Es posible predecir cambios en la misma por medio de modelos estadísticos con propiedades funcionales como variables independientes.

El comportamiento reológico de muchos productos alimenticios es diferente al comportamiento común de los líquidos (viscosidad), o aquél de los sólidos (elasticidad). La elasticidad es la propiedad del material en virtud de la cual, después de sufrir una deformación y terminar de aplicar el esfuerzo que la originó, éste tiende a recuperar su tamaño, forma y aspecto original; la viscosidad es la propiedad que tiene un material de oponerse a fluir como un líquido. Al estar estos materiales sujetos a un pequeño esfuerzo que puede ser cortante, compresional o extensional, su estructura interna sufre un cambio mínimo, por lo tanto se comporta como sólido y líquido, este fenómeno se denomina viscoelasticidad y se debe a la estructura de este tipo de alimentos que consiste en una matriz sólida más o menos elástica

conformada por proteínas y una fase líquida que aporta un elemento viscoso a la estructura. Por lo antes expuesto, cambios en su composición y como consecuencia en su microestructura influirán en su comportamiento reológico (49).

Un material se comporta con viscoelasticidad lineal, cuando la relación entre el esfuerzo aplicado y la deformación resultante es solo función del tiempo, es decir, cuando existe un efecto lineal entre el esfuerzo aplicado y la deformación resultante, de manera que si el esfuerzo es duplicado, la deformación también se duplicará. Sin embargo, el comportamiento de la mayoría de los productos alimentarios no es tan simple y la deformación tiende a aumentar de una manera curvilínea cuando el esfuerzo es incrementado. En estos casos se dice que el material presenta comportamiento viscoelástico no lineal (18).

Puesto que no existe una teoría general que defina el comportamiento viscoelástico no lineal, para caracterizar la respuesta reológica de estos alimentos, se aplican esfuerzos muy pequeños que permiten obtener una relación lineal entre el esfuerzo y la deformación resultante, pudiendo entonces aplicar las bases teóricas que definen el fenómeno de viscoelasticidad lineal (49,54).

1.14 Relación de la Microestructura de la Salchicha en su Textura y Factores que la Afectan.

Al presentar la salchicha una estructura semisólida, formada principalmente por glóbulos de grasa atrapados en una matriz proteínica, sus propiedades texturales dependen fundamentalmente de las características de su microestructura, que está relacionada a su vez, con el tipo, concentración e interacciones de los componentes involucrados en su preparación (8,16).

De acuerdo al conocimiento de textura, que es el modo en el cual los componentes de la estructura están arreglados en una micro y macro estructura y las manifestaciones externas de la misma, debe tomarse en cuenta para su análisis la naturaleza de las partículas constituyentes del alimento.

Las fuerzas físicas que actúan en el material pueden afectar su textura, por ejemplo, en el caso de músculos, que durante el rigor mortis sufren estiramientos de distintas magnitudes, lo cual va relacionado directamente con la probabilidad de predecir la suavidad que tendrá esta carne al medir el grado de estiramiento sufrido en él. La composición química y las fuerzas físicas son tan importantes como la influencia de la organización del tejido. El estiramiento de las fibras del músculo causa una alteración de la organización existente, la observación de

su microestructura y los cambios en ella con perturbaciones en la composición o fuerzas físicas pueden revelar parámetros directamente relacionados con la textura. En verdad es la microestructura la que actualmente determina las características sensoriales y mecánicas de un alimento (21,26).

1.15 Modelos mecánicos de viscoelasticidad.

Los modelos mecánicos sirven para el estudio del comportamiento de diversos materiales ante la acción de una fuerza externa. Dentro de los distintos modelos que existen, cada uno de ellos tiene una serie de ecuaciones matemáticas para describir un comportamiento específico.

En su representación gráfica intervienen 3 variables básicas: esfuerzo, deformación y tiempo (18).

La base del diseño de los modelos mecánicos son 2 elementos simples, los cuales al combinarse representan modelos distintos, éstos son:

-Elemento elástico ideal: está representado por un muelle, y su comportamiento se define por la constante elástica E.

-Elemento viscoso ideal: representado por medio de un amortiguador en el que el pistón se mueve libremente dentro de un líquido newtoniano y su comportamiento se define mediante su viscosidad (48,53).

1.15.1 Modelos fundamentales. Los dos modelos viscoelásticos básicos son los de Maxwell y Kelvin.

El modelo de Maxwell representa el comportamiento de un material viscoelástico, en cuya primera etapa responde como un sólido elástico frente a la aplicación de una fuerza externa. Este modelo se compone de un muelle y un amortiguador dispuestos en serie (figura 10a) (18).

La deformación total del sistema (ϵ), para un tiempo (t), es la suma de las deformaciones de los dos elementos:

$$\epsilon(t) = \epsilon_{\eta} + \epsilon_E$$

donde:

$\epsilon(t)$: deformación total del sistema en un tiempo determinado

representación esquemática de los modelos mecánicos

ϵ_{η} : deformación newtoniana

ϵ_E : deformación elástica

El esfuerzo que soportan ambos elementos es de igual magnitud.

Los materiales que se ajustan al modelo de Maxwell se comportan en función de las variables experimentales de la siguiente forma:

COMPORTAMIENTO ESFUERZO-DEFORMACION. Al aplicar un esfuerzo al sistema, inicialmente éste es recibido por el componente elástico (el muelle se estira) y la primera porción de la curva corresponde a la ley de Hooke (figura 1 la zona I). Al alcanzar esfuerzos mayores, intervienen ambos elementos, el elemento viscoso disminuye la deformación correspondiente a la constante E del muelle hasta que este alcanza su máxima elongación (figura 1 la zona II). A partir de este valor de esfuerzo, éste es absorbido por el elemento viscoso y se produce en el sistema un flujo newtoniano (figura 1 la zona III) (18).

COMPORTAMIENTO ESFUERZO - TIEMPO: Al estar sometido el sistema a una deformación constante (ϵ_0), el esfuerzo inicial (σ_0) empleado para obtenerla, disminuye con el tiempo (t) (figura 10b). Este fenómeno se denomina relajación y la variación en función del tiempo (t) se caracteriza con una ecuación exponencial:

$$\sigma_t = \sigma_d + \exp(-t/T_{rel}) + \sigma_e$$

$$\text{con: } \sigma_d = \sigma_0 - \sigma_e$$

donde;

σ_d : esfuerzo de decaimiento

σ_e : esfuerzo residual o de equilibrio después de un tiempo igual a infinito

σ_0 : esfuerzo inicial

Trel : tiempo de relajación

El tiempo de relajación representa la rapidez con la que el cuerpo se relaja. Si se divide la ecuación anterior por ϵ_0 , como $\sigma / \epsilon = E$, queda :

$$E(t) = E_d \exp(-t/Trel) + E_e$$

donde:

E: módulo de elasticidad

Esta ecuación muestra que aún a tiempos muy largos algo de esfuerzo quedará en el comportamiento elástico (el muelle no se recupera completamente). Este fenómeno se registra también en los materiales reales.

COMPORTAMIENTO DEFORMACION-TIEMPO. En el diagrama deformación-tiempo (figura 11c), se representa la respuesta de este modelo frente a una acción de carga y descarga (σ constante); al ser aplicado el esfuerzo, el componente elástico se deforma instantáneamente hasta alcanzar el valor que fija su módulo E, a partir del cual la deformación está regida por el componente viscoso y se establece un flujo newtoniano. En el momento de la descarga el sistema recupera instantáneamente la cantidad que corresponde al elemento elástico. Este comportamiento no se asemeja a la respuesta observada experimentalmente en los materiales viscoelásticos, en los que, frente a un esfuerzo constante, se registra una deformación elástica retardada. Por lo cuál, no es útil para el estudio de la viscoelasticidad por aplicación de un esfuerzo constante(18).

El modelo de Kelvin representa el comportamiento de un material que al serle aplicado un esfuerzo, sus componentes viscoso y elástico actúan a la par desde el principio. Esta compuesto de un muelle y un amortiguador dispuestos en paralelo (figura 10b).

El esfuerzo total (σ) se reparte entre los dos elementos:

$$\sigma = \sigma_e + \sigma_\eta$$

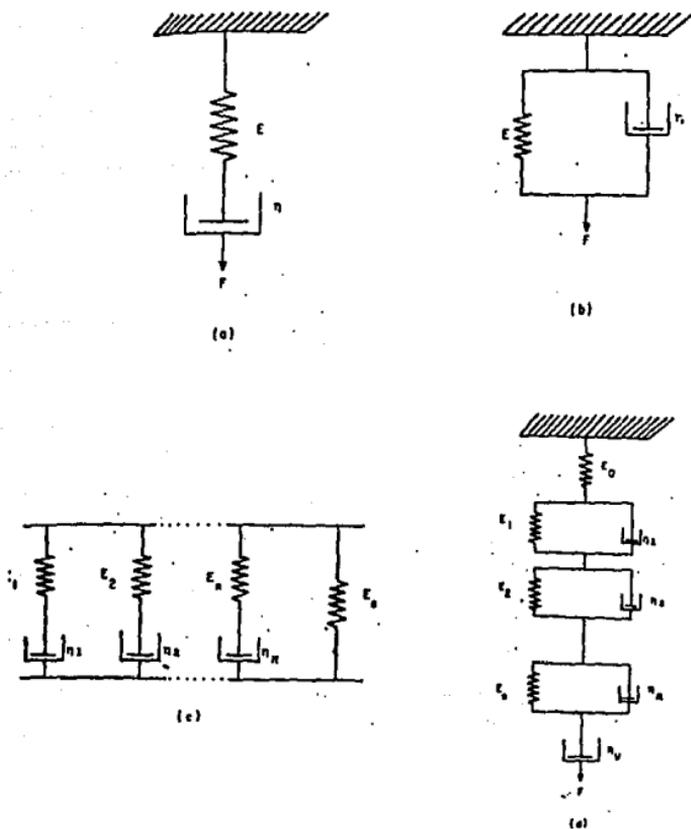


Fig. 10 REPRESENTACION ESQUEMATICA DE LOS MODELOS MECANICOS.

(a) Modelo de Maxwell, (b) Modelo de Kelvin, (c) Modelo de Maxwell generalizado y (d) Modelo de Kelvin generalizado.

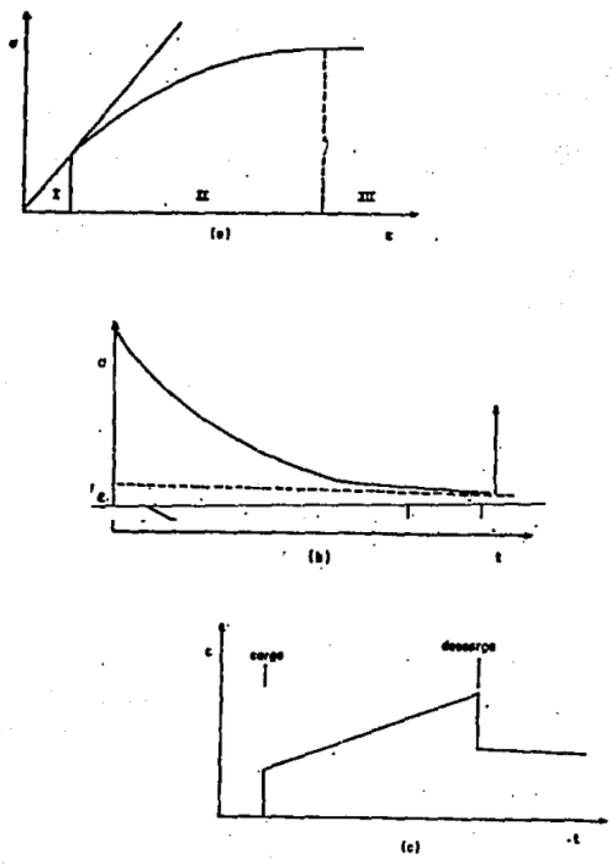


Fig. 11 COMPORTAMIENTO DE LOS MATERIALES QUE SE AJUSTAN AL MODELO DE MAXWELL. (a) Diagrama esfuerzo-deformación, (b) diagrama esfuerzo-tiempo, (c) diagrama deformación-tiempo.

donde:

σ :esfuerzo total

σ_e :esfuerzo en el elemento elástico

σ_η :esfuerzo en el elemento viscoso

Mientras que la deformación es igual en todo momento en los dos elementos.

El comportamiento según las condiciones experimentales de los sistemas que se ajustan a este modelo es el siguiente:

COMPORTAMIENTO ESFUERZO-DEFORMACION. En la figura 12a, se observa que el sistema alcanza inmediatamente el valor de esfuerzo que corresponde al componente viscoso, y mientras aquél permanece constante, el esfuerzo sobre el componente elástico va aumentando gradualmente.

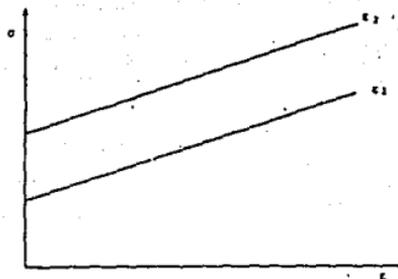
COMPORTAMIENTO ESFUERZO-TIEMPO. Al ser sometido un material viscoelástico a una deformación constante, su esfuerzo disminuye poco a poco lo que origina el fenómeno de relajación. En el modelo de Kelvin, al aplicársele una deformación constante, el sistema mantiene su esfuerzo constante. Por lo que este modelo no cumple con los requisitos para explicar el fenómeno de relajación de materiales viscoelásticos.

COMPORTAMIENTO DEFORMACION-TIEMPO. Cuando se aplica un esfuerzo constante (σ_0), la deformación del sistema aumenta gradualmente con el tiempo (figura 12b), correspondiéndole la siguiente ecuación exponencial:

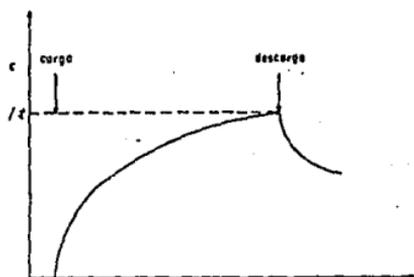
$$\varepsilon(t) = \sigma_0 / E [1 - \exp(-t/T_{ret})]$$

Donde T_{ret} , es el tiempo de retardo y representa el tiempo empleado por el sistema para deformarse una fracción $(1-1/e)$ de la deformación total en el equilibrio, o lo que es lo mismo un 63% de ésta. Cuando se retira la fuerza aplicada, a partir de la deformación alcanzada, (ε_x), el sistema tiende a recuperar su estado inicial. Este comportamiento corresponde a la siguiente ecuación:

$$\varepsilon(t) = \varepsilon_x \exp(-t/T_{ret})$$



(a)



(b)

Fig. 12 COMPORTAMIENTO DE LOS MATERIALES QUE SE AJUSTAN AL MODELO DE KELVIN.
 (a) Diagrama esfuerzo-deformación, (b) diagrama deformación-tiempo.

De donde puede decirse que alcanzará su estado inicial a un tiempo (t) igual a infinito.

El modelo Maxwell generalizado se usa para representar el fenómeno de relajación. Consiste de un número infinito de elementos de Maxwell más un muelle colocado en un paralelo (figura 9c). Siendo la ecuación que representa el decaimiento del esfuerzo contra el tiempo.

$$\sigma(t) = \epsilon_0 [E_{d1} \exp(-t/T_1) + E_{d2} \exp(-t/T_2) + \dots + E_c]$$

donde:

T_1, T_2, \dots, T_n : tiempos de relajación de cada elemento de Maxwell.

E_c : módulo de equilibrio

ϵ_0 : deformación constante

$E_{d1}, E_{d2}, \dots, E_{dn}$: módulos de elasticidad de cada elemento de Maxwell.

El modelo de Kelvin generalizado se compone de elementos Kelvin infinitos, en serie con un muelle (E_0) y un amortiguador (n_v) (figura 10d). La elasticidad instantánea está representada por el muelle, los "n" elementos Kelvin rigen la deformación retardada y el amortiguador (n_v) responde al flujo newtoniano final, frente a un esfuerzo constante.

La variación de la deformación en función del tiempo por aplicación de un esfuerzo constante (σ_0) se puede expresar con la ecuación:

$$\epsilon(t) = \sigma_0 [1/E_0 + 1/E_{r1} (1 - \exp(-t/T_1)) + 1/E_{r2} (1 - \exp(-t/T_2)) + \dots + 1/E_{rn} (1 - \exp(-t/T_n)) + t/n_v]$$

En la que T_1, T_2, \dots, T_n son los tiempos de retardo correspondientes a los distintos elementos Kelvin.

El modelo de Kelvin abarca de forma completa el comportamiento de un material viscoelástico frente a un esfuerzo constante, ya que los productos reales se comportan como si tuvieran más de un tiempo de retardo.

Existe otro modelo, el de Burgers, que es similar al de Kelvin generalizado y se diferencia por tener un solo elemento Kelvin, por lo que solo se describe un tiempo de retardo (18).

1.15.2 Métodos para medir la deformación de un alimento.

1.15.2.1 Métodos fundamentales: Se clasifican en estáticos y dinámicos.

- **Dinámicos.** El material se deforma por la aplicación de un esfuerzo que varía sinusoidalmente con el tiempo. La respuesta que se obtiene está desfasada respecto a la oscilación impuesta y amortiguada en su amplitud; esta amortiguación está asociada a la tenacidad del material. Estas pruebas nos permiten el cálculo de módulos de elasticidad y el análisis de las respuestas mecánicas en un amplio intervalo de frecuencias.

- **Estáticos.** Se basan en la aplicación de un esfuerzo en forma continua y sin inflexiones, o alcance un valor determinado instantáneamente. Son los más utilizados y permiten estudiar de un modo directo las relaciones entre la deformación, esfuerzo y tiempo.

Las curvas esfuerzo-deformación se obtienen deformando las muestras a una velocidad constante y registrando la fuerza necesaria para lograr dicha deformación. Dan información en relación a la resistencia de los materiales, como son el módulo de elasticidad (E) o el de compresibilidad (K), pero su mayor valor práctica reside en el estudio de las curvas registradas y análisis comparativo de los comportamientos reológicos que representan.

La relación esfuerzo-tiempo, se obtiene al someter un material viscoelástico a una deformación constante, el esfuerzo aplicado por tanto disminuirá en función del tiempo. Una de las desventajas de este método es la dificultad de interpretar y cuantificar la información obtenida de las curvas. La relación deformación-tiempo de los cuerpos viscoelásticos, se obtiene al someterlos a un esfuerzo constante y registrar su deformación en función del tiempo. El incremento en la deformación como una función del tiempo es llamado Creep, y el Creep compliance a cualquier tiempo $J(t)$, es la relación de la deformación a esfuerzo cortante constante.

La curva típica de la relación deformación/esfuerzo constante con el tiempo se representa en la figura 13. Esta curva puede ser dividida en tres regiones principales:

- La región (A-B) de deformación/esfuerzo constante instantánea J_0 , en la cuál, los enlaces entre las unidades estructurales principales son estirados elásticamente. Al dejar de

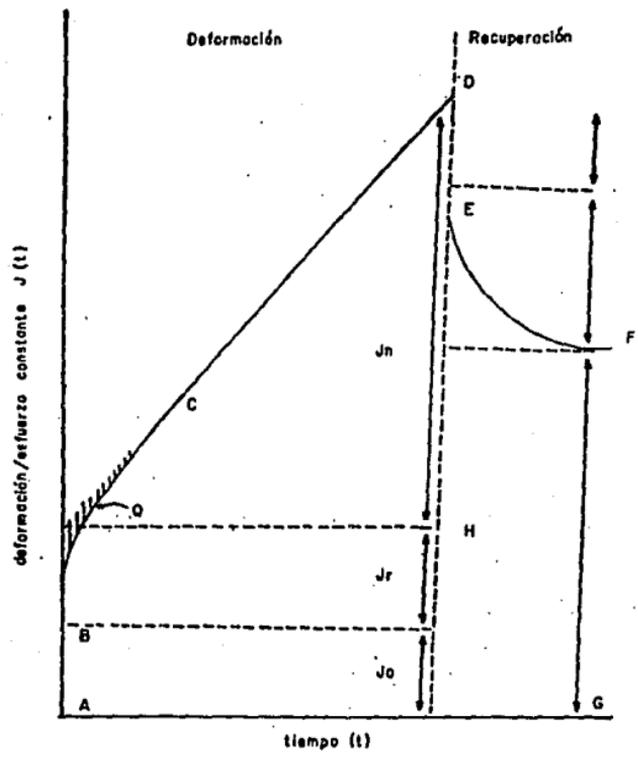


Fig.13 CURVA TÍPICA DE DEFORMACION/ESFUERZO CONSTANTE CONTRA EL TIEMPO.

aplicar el esfuerzo en B, la muestra puede recobrar totalmente su estructura inicial. En esta zona tiene un comportamiento como sólido.

$$J_0 = 1/E_0$$

donde:

E_0 : módulo elástico instantáneo

- La región (B-C) de elasticidad retardada, asociada a una relación de deformación/esfuerzo constante retardada J_r . Aquí existen enlaces que se rompen y se regeneran, todos estos enlaces no se rompen y se reforman a la misma velocidad, aún cuando los enlaces más débiles se rompen a valores menores de tiempo que los más fuertes.

La ecuación para esta parte de la curva, utilizando las medias de los diferentes valores de los parámetros es:

$$J_r = J_m [1 - \exp(-t/ T_m)]$$

donde:

J_m : relación deformación/esfuerzo constante media para todos los enlaces involucrados

T_m : tiempo de retardo medio

t : tiempo experimental

$$T_m = J_m \eta_m$$

donde :

η_m : viscosidad media asociada con la elasticidad retardada

Una relación más explícita en base a la distribución de la fuerza de los enlaces es la siguiente:

$$J_r = \sum_{i=1}^n J_i (1 - \exp(-t/\tau_i))$$

En esta zona de retardo también existen módulos de elasticidad asociados E_1, E_2, \dots, E_n y viscosidades n_1, n_2, \dots, n_n .

- La región lineal (C-D) de deformación/esfuerzo constante newtoniano J_n . En este período de tiempo se continúan rompiendo enlaces, algunos de los cuales requieren mayor tiempo que el de la prueba para reformarse, las partículas o unidades así desprendidas fluirán unas sobre otras. En esta zona el material tiene un comportamiento de fluido.

$$J_n = t/n_\eta$$

donde:

t : tiempo experimental

n_η : Viscosidad newtoniana

Al dejar de aplicar el esfuerzo en D, la recuperación del material sigue un patrón similar al de deformación/esfuerzo constante con el tiempo. Una recuperación elástica instantánea (D-E) es seguida por una recuperación elástica retardada (E-F). Al haber rupturas en la región (C-D) de la curva, una parte de la estructura ya no se recupera. Esto se representa por (F-G), que es equivalente a (D-H).

La ecuación global que nos define esta curva es:

$$J_T = J_0 + \sum_{i=1}^n J_i (1 - \exp(-t/T_i)) + t/n_\eta$$

Un análisis más específico de la región elástica de retardo, se puede realizar utilizando el método gráfico de Inokuchi (25).

El análisis de las curvas de deformación/esfuerzo constante con el tiempo proporciona una amplia información sobre el comportamiento reológico del material tratado, a través de

varios parámetros reológicos calculados a partir de ésta. Las técnicas utilizadas mayormente para este análisis en alimentos sólidos y semisólidos son aquellas en las que se aplican esfuerzos constantes muy pequeños, que pueden ser cortantes, compresionales o extensionales. Para el caso de las primeras se utiliza el viscoelastómetro de placas paralelas (18).

1.16 Aparatos para la Medición de Textura.

Se han desarrollado un gran número de instrumentos mecánicos para la medición de las propiedades de textura de los alimentos que representan varias formas de penetración, compresión y ruptura (53).

Texturómetro: Se basa en la obtención de los parámetros de textura, los que se determinan por medio de la curva típica obtenida en la que se registra la resistencia del material a prueba antes de la acción de desintegración contra el tiempo de masticación, se lleva a cabo una correlación entre los parámetros mecánicos primarios de textura y las dimensiones de las curvas.

Reómetro universal de alimentos: Presenta la habilidad o capacidad de aplicar deformaciones lineares y rotatorias a las muestras, de los resultados obtenidos se pueden concluir sus características de textura.

Instron: Aplica una fuerza de compresión que destruye al alimento; dentro de los parámetros evaluados, las medidas de cohesividad y firmeza están altamente relacionadas y pueden ser usadas para predecir escalas de paneles de masticación y firmeza.

Penetrómetro: Sirve como un instrumento para el control de calidad en laboratorios de la Industria Cárnica, con base a la medición de su calidad con respecto a la textura.

Reómetro de alta resolución: Es un reómetro, que mediante un sistema de pruebas reológicas controladas por computadora mide simultáneamente las propiedades de viscosidad y elasticidad de soluciones, emulsiones, geles y suspensiones en modos dinámico y estático, es de los últimos inventos para medición de propiedades reológicas de alimentos.

1.16.1 Características del Viscoelastómetro de Placas Paralelas. El viscoelastómetro de placas paralelas (figura 14), consiste de dos placas horizontales (a y b), que se mantienen estacionarias durante la prueba, existe una tercera placa móvil (c), muy delgada y se encuentra en medio de las placas a y b, en la parte superior e inferior de esta placa

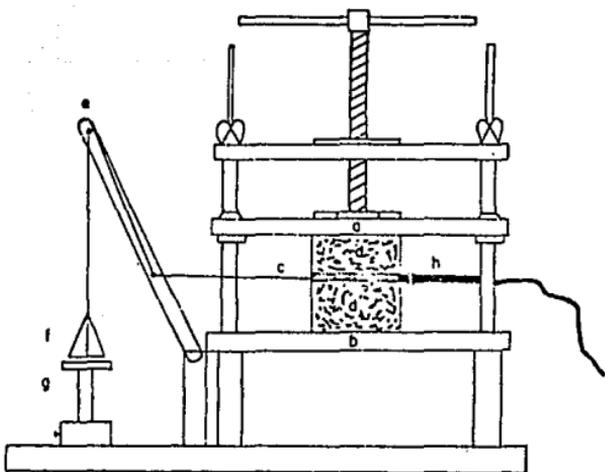


Fig. 14 VISCOELASTOMETRO DE PLACAS PARALELAS.
(a y b) placas estacionarias, (c) placa móvil, (d) muestra del alimento,
(e) polea, (f) charola, (g) plataforma de soporte y (h) transductor.

(c) se coloca la muestra recortada en forma rectangular (d), así mismo esta placa se encuentra unida por un extremo a un imán y por el otro está sujeta por medio de un hilo de nylon a una charola (f). El hilo pasa por dos poleas de baja fricción (e). En la charola (f) se coloca el peso requerido. Esta charola descansa sobre una plataforma (g). Se coloca una pequeña pesa en la charola y la plataforma de soporte se baja, lo que produce un movimiento muy lento de la placa móvil, provocando que las dos muestras del alimento al estar en contacto directo con la placa móvil (c) sufran un esfuerzo cortante. El movimiento de la placa móvil es registrado por medio del imán a un transductor (h) de desplazamiento de inductancia diferencial y de un rectificador- amplificador de señal en un graficador (51,52).

1.17 Evaluación Sensorial

La evaluación sensorial es extremadamente valiosa en la medición de la textura de los alimentos porque ningún instrumento puede percibir, analizar, integrar e interpretar un gran número de sensaciones de textura al mismo tiempo. Aún cuando un instrumento pudiera duplicar la boca humana, tendríamos que duplicar así mismo el sistema nervioso, que tiene la importante función de recibir y trasladar las señales de los receptores en la boca. El centro de placer en el cerebro juega un importante papel en la evaluación sensorial (6).

Los factores principales para la aceptación o rechazo de los alimentos son: apariencia, color, sabor, temperatura y textura. Cuando se introduce el producto a la boca lo primero que se percibe es el olor, sabor y temperatura y finalmente la textura, que es percibida durante la masticación.

Las sensaciones responsables de la percepción de textura en la boca, son las que ocurren en:

- La estructura superficial de la boca, el paladar, la lengua y encías
- Alrededor de las raíces de los dientes
- En los músculos y tendones utilizados durante la masticación.

Existen tres tipos fundamentales de evaluación sensorial:

PREFERENCIA-ACEPTACION: son pruebas basadas en la medición de la preferencia o en la medición en la cuál se puede determinar la preferencia relativa.

PRUEBAS DE DISCRIMINACION: se utilizan para determinar donde existe diferencia entre las muestras, los panelistas no tienen influencias o gustos personales en estos resultados.

PRUEBAS DESCRIPTIVAS: se usan para determinar la naturaleza e intensidad de la diferencia. Un grupo de jueces proporciona una evaluación descriptiva con los detalles en cuanto al sabor o textura del producto examinado (49).

JUSTIFICACION

La materia prima básica para la elaboración de salchichas, la constituyen carnes de res y cerdo, sin embargo, en nuestro país su precio ha aumentado progresivamente, optando las industrias por incorporar en su preparación, recortes de pavo, pollo, cerdo, caballo y res, que permitan abaratar los costos, sin detrimentos de las características bromatológicas especificadas para estos productos.

Los diferentes recortes de carne utilizados, presentan distintas propiedades funcionales, entre las más importantes se encuentran: la capacidad ligante y el poder emulsificante, que influyen en la conformación de la emulsión cárnica y textura del producto final, factor de calidad muy importante para su aceptación por el consumidor, no obstante que en este tipo de alimentos se han estudiado algunos de los efectos que se producen en su textura, como resultado de cambios en su composición, esta última ha estado constituida por materias primas ideales y no por las realmente utilizadas a nivel industrial.

Por lo antes expuesto, en este trabajo se propone evaluar sensorial e instrumentalmente las modificaciones que se presentan en las propiedades reológicas de las salchichas, al alterar la naturaleza de su fracción cárnica, mediante la incorporación de recortes de pavo, caballo y res.

2. OBJETIVOS:

.DISEÑAR FORMULACIONES DE SALCHICHAS UTILIZANDO RECORTES DE CARNES DE RES, PAVO Y CABALLO, QUE PERMITAN OBTENER UN PRODUCTO QUE CUMPLA CON LAS CARACTERISTICAS BROMATOLOGICAS QUE ESPECIFICA LA NORMA DE CALIDAD RESPECTIVA.

ANALIZAR EL COMPORTAMIENTO REOLOGICO DE LOS DISTINTOS TRATAMIENTOS MEDIANTE UN VISCOELASTOMETRO DE PLACAS PARALELAS.

COMPARAR LA EVALUACION DE LA TEXTURA Y ACEPTABILIDAD DE LAS DIFERENTES FORMULACIONES A TRAVES DE LA EVALUACION SENSORIAL CON LOS DATOS OBTENIDOS INSTRUMENTALMENTE.

3. MATERIALES Y METODOS.

Para el desarrollo de esta investigación se realizaron las siguientes actividades:

- Selección de materia prima y aditivos
- Diseño de las formulaciones de Salchichas
- Calibración del viscoelastómetro de placas paralelas
- Determinación del peso adecuado a colocar en la charola del viscoelastómetro de placas paralelas
- Elaboración de los distintos tratamientos
- Análisis post-proceso de las salchichas
- Cálculo de los parámetros reológicos
- Evaluación sensorial
- Análisis estadístico de resultados

3.1 Selección de la Materia Prima y Aditivos.

Los recortes de carne de res utilizados se consiguieron en el Mercado Hidalgo, el Lardo en la Empacadora ABC, los recortes de la carne de pavo y de caballo en la Empacadora Janda.

La protefna de soya PP500E fue facilitada por ARANCIA S.A. de C.V., el condimento en polvo para salchicha (sal yodatada, nuez moscada molida, pimienta negra molida, jengibre molido, aceite de clavo, oleoresina de chile, aceite de pimienta y aceite de nuez moscada) y la sal de cura (sal yodatada, nitrito de sodio, nitrato de sodio y azúcar), se compraron en STANGE PESA S.A., los fosfatos (Accoline, que contiene: pirofosfato tetrasódico, pirofosfato ácido de sodio, tripolifosfato de sodio, fosfato de potasio), de grado alimético, especiales para emulsiones, fueron conseguidos a través de la empacadora JANDA, la sal utilizada fue de grano chico, yodatada, marca Elefante.

CUADRO 14. COMPOSICION Y CAPACIDAD LIGANTE DE LOS RECORTES DE CARNE Y LARDO UTILIZADOS

TIPO DE CARNE	HUMEDAD (%)	PROTEINA (%)	GRASA (%)	CAPACIDAD LIGANTE
RES	69	19	11	26.73
CABALLO	68	19	12	26.46
PAVO	65	15	20	20.00
LARDO	18	5	77	6.00

CUADRO 15. PORCENTAJE DE CADA TIPO DE CARNE UTILIZADO EN CADA FORMULACION

FORMULACION	RES	CABALLO	PAVO
1	50.00%	50.00%	--
2	28.17%	28.17%	43.66%
3	43.20%	56.80%	--
4	--	43.51%	56.48%
5	--	--	100.00%
6	--	100.00%	--
7	100.00%	--	--

CUADRO 16. COMPOSICION DE LAS FORMULACIONES DE LAS SALCHICHAS ELABORADAS

COMPONENTE (%)	FORMULACIONES						
	1	2	3	4	5	6	7
RES	15.65	10.0	15.9	0.0	0.0	0.0	31.1
CABALLO	15.65	10.0	0.0	16.1	0.0	31.5	0.0
PAVO	0.0	15.5	20.9	42.9	0.0	0.0	0.0
LARDO	21.2	19.0	18.4	18.2	15.1	21.0	21.4
SAL DE CURA	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
SAL	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
POSPATOS	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
AZUCAR	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
AISLADO SOYA	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
FECLA PAPA	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0
HIELO	34.7	32.7	32.0	32.0	29.2	34.7	34.7

CUADRO 17. DATOS OBTENIDOS EN EL GRAFICADOR AL OPERAR EL VISCOSLASTOMETRO A DIFERENTES DISTANCIAS IMAN-TRANSDUCTOR A 200 mV

SEPARACION IMAN-TRANSDUCTOR (cm)	DESPLAZAMIENTO DEL LAPIZ DEL GRAFICADOR (cm)
0.0000	0.00
0.0127	0.36
0.0254	1.32
0.0381	2.82
0.0508	4.01
0.0635	4.51
0.0762	4.82
0.0889	5.04
0.1016	6.20
0.1143	7.15
0.1270	7.45
0.1397	7.80
0.1524	8.40
0.1651	9.33

Ecuación de la recta: $mx + b$
 $m = 2.5241$
 $r = 0.95$
 $r^2 = 0.981$

La composición y capacidad ligante de los recortes de carne y largo utilizados se presentan en el cuadro 14.

3.2 Diseño de las Formulaciones de Salchichas.

Se obtuvieron 7 formulaciones, variando únicamente la porción proteínica animal, mediante el uso de recortes de carnes de res, pavo y caballo, solas y en combinación. Para su diseño se tomó en cuenta su composición en relación a proteína, humedad y grasa; se consideró también su capacidad ligante, de tal forma que el producto cumpliera con lo que establece la Norma al respecto.

Se hicieron 3 formulaciones con un solo tipo de carne cada una, una con mezclas de los 3 tipos de carnes y 3 con dos tipos de carne en cada una (Cuadro 15).

En las formulaciones realizadas se mantuvieron constantes las cantidades de sal, fosfatos, azúcar, proteína de soya y fécula. A todas se les adicionaron 2 g de eritorbato de sodio y 30 g de condimento de salchicha. La formulación se hizo en base a 2 k de producto final (Cuadro 16).

Cada una de las 7 formulaciones se realizaron por triplicado, siguiendo el Método de elaboración diseñado para esta investigación (figura 15).

3.3 Calibración del Viscoelastómetro de Placas Paralelas.

Se obtuvo la relación entre el desplazamiento del transductor con respecto al imán del viscoelastómetro y el desplazamiento del graficador (Shimadzu U-135), con una sensibilidad de 200 mV.

A los datos obtenidos de la separación imán-transductor y desplazamiento del graficador, se les realizó una regresión lineal, para obtener finalmente la ecuación de la recta a la sensibilidad de 200 mV (Cuadro 17).

3.4 Determinación del Peso adecuado a colocar en la Charola del Viscoelastómetro.

Al realizar varias pruebas con pesas que variaban entre 25 a 100 g, se obtuvo como resultado que el peso de 50 g era el efectivo para realizar la investigación, debido a que

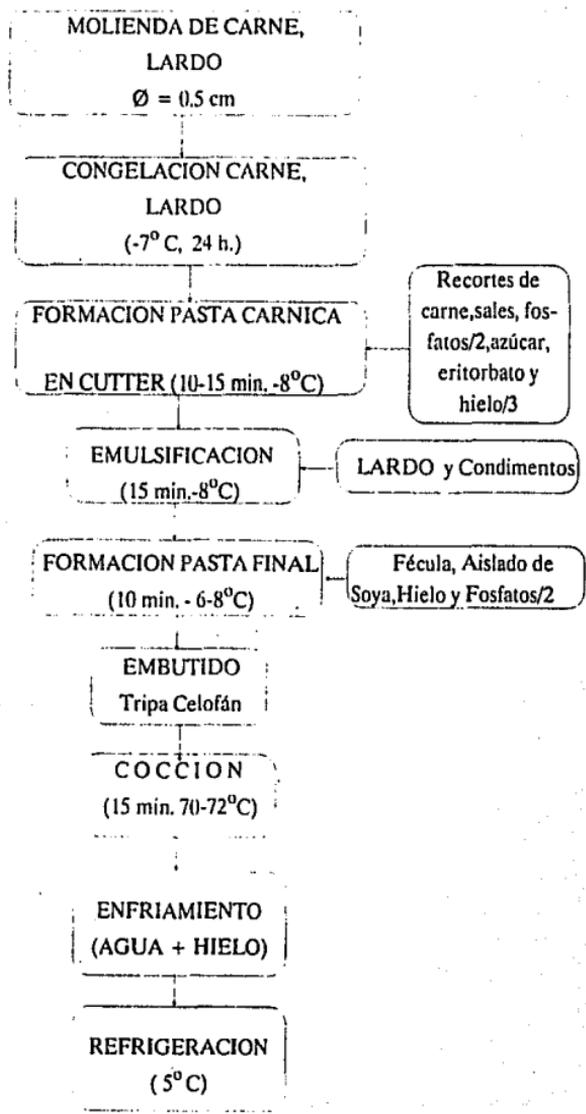


Fig. 15 PROCESO DE ELABORACION DE LAS SALCHICHAS

representó el menor peso que se podía aplicar para obtener un esfuerzo cortante constante muy pequeño, que provocara deformación en la muestra detectada en el graficador.

3.5 Elaboración de los Distintos Tratamientos.

Cada una de las siete formulaciones se realizaron por triplicado. La metodología que se siguió para la elaboración de las salchichas se basó en el proceso comúnmente usado, adaptando algunas operaciones al material y equipo con el que cuenta el Laboratorio de Alimentos de la Universidad La Salle.

La carne y el lardo se pasaron previamente por un molino coloidal cuyo disco presenta perforaciones de 0.5 cm de diámetro. Se congelaron a -7°C durante 24 h.

Para empezar la preparación de las emulsiones, se descongeló la carne 1 h. antes, posteriormente se colocó en una cutter, se adicionaron la sal de cura, azúcar, eritorbato y una tercera parte del total de agua con la mitad de los fosfatos disueltos. La operación de corte y mezclado se realizó durante 10-15 min obteniendo una pasta con una consistencia ligera.

Después se incorporó el lardo con los condimentos disueltos en la otra tercera parte de agua, durante 15 minutos se mezcló procurando no rebasar la temperatura de 8°C .

Para la formación de la pasta final, se agregaron la fécula, la proteína de soya y el resto de los fosfatos disueltos en la última parte de agua, manteniendo en funcionamiento la cutter durante 10 min. y la temperatura entre $6-8^{\circ}\text{C}$.

Acabado el tiempo de emulsificación, se procedió a embutir la pasta en tripa de celofán de pequeño calibre.

Las salchichas se separaron en piezas con una longitud de 10 cm., se cocieron durante 15 min. en agua a una temperatura de 80°C , hasta alcanzar una temperatura interna en el producto de $70-72^{\circ}\text{C}$.

A continuación, se enfriaron en un baño de agua fría con hielo, para que el cambio fuera brusco y provocara la destrucción de microorganismos que hubieran sobrevivido al proceso de escaldado, así como para estabilizar el color de las salchichas.

Se refrigeraron a una temperatura de 5°C .

3.6 Análisis Post-proceso de las Salchichas.

Después de 24 horas de elaboradas las salchichas, se les realizaron las mediciones reológicas y evaluación sensorial.

A los 7 días de elaboradas se les determinó el contenido de grasa, humedad, proteína así como los análisis microbiológicos correspondientes (Cuadro 18).

El contenido graso de cada formulación se llevó a cabo por el método de Gerber, la determinación de humedad se realizó mediante diferencias de peso; el porcentaje de nitrógeno se determinó por el método de kjeldahl, a partir de los resultados obtenidos en este último análisis se calculó el porcentaje de proteína utilizando el factor correspondiente (5).

Dentro de los análisis microbiológicos efectuados a las distintas formulaciones se les determinaron:

- Bacterias mesófilas aerobias, donde se contaron las unidades formadoras de colonias (U.F.C.);
- Organismos coliformes totales, se reportó el NMP de coliformes totales por gramo de alimento;
- Investigación de Salmonella, mediante pruebas de preenriquecimiento, enriquecimiento y aislamiento se determinó su ausencia o existencia.

3.7 Cálculo de los Parámetros Reológicos.

Las determinaciones de las pruebas Reológicas se llevaron a cabo en el Viscoelastómetro de Placas Paralelas de la Universidad Iberoamericana.

Para llevar a cabo las mediciones en el viscoelastómetro, las salchichas fueron cortadas por enmedio, en forma rectangular, con una longitud promedio de 12 cm. y ancho de 2.5 cm., a una temperatura de 12 °C.

En la charola del aparato se colocó un peso de 50 g.; la sensibilidad utilizada fue de 200 mV, con una velocidad de 12 mm/min.

CUADRO 18. ANALISIS EFECTUADOS A LAS SALCHICHAS DESPUES DE SU ELABORACION

PERIODO	ANALISIS
1 DIA	PRUEBAS REOLOGICAS EVALUACION SENSORIAL
7 DIAS	GRASA HUMEDAD PROTEINA MICROBIOLOGICOS

A partir de las curvas de deformación/esfuerzo cortante constante contra tiempo, obtenidas mediante el Viscoelastómetro, se calcularon los parámetros Reológicos por el Método de Inokuchi y el análisis de Sherman (25,49).

Para cada formulación se calcularon los siguientes parámetros:

J_0 : DEFORMACION / ESFUERZO CONSTANTE INSTANTANEA

η_N : VISCOSIDAD NEWTONIANA

J_1, J_2 : DEFORMACION / ESFUERZO CONSTANTE RETARDADAS

T_1, T_2 : TIEMPOS DE RETARDO

3.7.1 Cálculo de Deformación/ Esfuerzo constante instantáneo (J_0) y Módulo de Elasticidad en el mismo tiempo (E_0). Utilizando la ecuación de la recta obtenida entre la separación de los imanes (x) y desplazamiento del graficador (y), se calculó el desplazamiento del graficador correspondiente a la mínima separación entre los imanes (0.0127 cm.) y a la sensibilidad del aparato utilizado.

Se determinó la relación numérica existente entre la separación mínima de imanes y el desplazamiento del graficador correspondiente:

$$B(t) = \frac{\text{separación mínima de imanes (cm)}}{\text{desplazamiento del graficador (cm)}}$$

La deformación resultante con el tiempo $\psi(t)$ se calculó a partir de la ecuación:

$$\psi(t) = \beta(t)/h \quad (\text{cm}^{-1})$$

donde:

h: grosor de la muestra

Se obtuvo el factor de sensibilidad (F.S.), de la siguiente ecuación:

$$\text{F.S.} = \psi(t)/\sigma \quad (\text{s}^2/\text{g})$$

con:

$$\sigma = mg/2A \quad (\text{g/cm s}^2)$$

donde:

m : peso aplicado (en este caso 50 g)

g : constante de la gravedad (981 cm/s²)

A : área de la muestra

Para calcular J_0 , se mide la distancia A-B (figura 13) y se multiplica por el factor de sensibilidad:

$$J_0 = (A-B) (F.S.) \quad (\text{cm}^2/\text{dina})$$

$$E_0 = 1/J_0 \quad (\text{dina/cm}^2)$$

3.7.2 Cálculo de Viscosidad Newtoniana. Se obtiene a partir de la pendiente de la zona C-D (figura 13) de la forma siguiente:

$$m(\text{pendiente}) = \frac{(y_2 - y_1) (F.S.)}{(x_2 - x_1) (F.C.)}$$

con:

$$F.C. = z / (V_p) \quad (\text{s})$$

donde:

F.C.: factor de conversión de cm de la gráfica a segundos

V_p: velocidad del papel (cm/min)

z : 60 segundos

$$\eta = 1/m \quad (\text{poise})$$

donde:

η : Viscosidad newtoniana

3.7.3 Cálculo de los parámetros reológicos en la zona de retardo. Esta zona (B-C) es la más difícil de analizar, ya que abarca un amplio rango de respuestas, debido a la deformación de enlaces de fuerzas diferentes.

Se miden las distancias Q, a los distintos tiempos en el rango de la curva entre B-C. Se calculan los logaritmos naturales de dichas distancias y se grafican contra el tiempo en minutos.

De la regresión lineal de los puntos graficados que se aproximan a la recta, se obtienen:

b_1 : ordenada al origen

m_1 : pendiente de la recta

r^2 : coeficiente de determinación

A partir de estos datos se calcula :

$$J_1 = (\exp^{b_1}) / m_1 \quad (\text{cm}^2/\text{dina})$$

$$E_1 = 1/J_1 \quad (\text{dina}/\text{cm}^2)$$

$$T_1 = 1/m_1 \quad (\text{s})$$

$$\eta_1 = T_1/J_1 \quad (\text{poise})$$

Se calcula $\ln[Q - J_1 \exp(-t/T_1)]$, a partir de los puntos no incluidos en la regresión lineal. Donde Q se obtiene de la ecuación de la regresión exponencial de estos puntos y $J_1 \exp(-t/T_1)$, a partir de la ecuación de la regresión lineal.

Se grafica el $\ln [Q - J_1 \exp(-t/T_1)]$ contra el tiempo y se efectúa una regresión lineal de los puntos que se aproximan a la recta, obteniendo los siguientes datos:

b_2 : ordenada al origen

m_2 : pendiente de la recta

r^2 : coeficiente de determinación

A partir de éstos se calcula:

$$J_2 = (\exp^b 2) (F.S.) \quad (\text{cm}^2/\text{dina})$$

$$E_2 = 1/J_2 \quad (\text{dina}/\text{cm}^2)$$

$$T_2 = 1(60)/m_2 \quad (\text{s})$$

$$\eta_2 = T_2/J_2 \quad (\text{poise})$$

En caso de que existan aún puntos que no se aproximen a la recta se determinan, según sea el caso J_3, J_4, \dots, J_n ; E_3, E_4, \dots, E_n ; etc..., siguiendo un procedimiento semejante.

3.8 Evaluación Sensorial.

Se elaboraron evaluaciones sensoriales de textura y preferencia mediante cuestionarios de escala hedónica, por pruebas de ordenamiento; a los datos obtenidos se les realizaron análisis de varianza y prueba de Tukey.

A los 20 jueces no entrenados se les proporcionaron los cuestionarios acompañados de 7 porciones de salchichas de forma redonda, con un tamaño de 2 cm. aproximadamente, equivalentes a las 7 formulaciones elaboradas.

Los cuestionarios de textura incluían la solicitud de descripción de la misma, los de preferencia se basaban en la aceptación en general de las salchichas.

3.9 Análisis Estadístico de Resultados.

ANÁLISIS POST-PROCESO. Después de 24 h de elaboradas las salchichas, se evaluaron sensorialmente en relación a textura y preferencia, mediante pruebas de ordenamiento. Los datos obtenidos se sometieron a análisis de varianza y prueba de Tukey (14).

En ese mismo período, las determinaciones reológicas se llevaron a cabo en el viscoelastómetro, obteniéndose las curvas deformación-tiempo respectivas. Para el cálculo de los parámetros reológicos se siguió el método de Inokuchi; a los valores de J_0 , J_1 y η_N se les aplicó análisis de varianza.

Una vez obtenidos los valores de los parámetros reológicos y las variables estudiadas para las salchichas de cada formulación surgió la necesidad de evaluar de una manera objetiva la relación que existe entre ellos, es decir, estimar el efecto de cada una de estas variables sobre cada parámetro reológico que nos describe a su vez la textura de las salchichas.

Posteriormente se realizó un análisis de varianza y una prueba "t", de hipótesis nula a los datos obtenidos para determinar la contribución de cada variable a la regresión, incluyéndose los términos cuadráticos.

4. RESULTADOS Y DISCUSION

4.1 Análisis Bromatológico de las distintas formulaciones de Salchichas.

La determinación de la composición de las distintas formulaciones de salchichas, se realizó a los 7 días de elaboradas, sus contenidos en humedad, grasa y proteína fueron similares, debido al balance que se hizo de sus materiales, mediante un programa de computación para su elaboración (Cuadro 19).

4.2 Calidad Sanitaria de las Salchichas.

Los resultados del análisis microbiológico de las distintas formulaciones cumplen con lo especificado por la Norma Oficial para el tipo de producto (Cuadro 20) (46).

4.3 Comportamiento Reológico.

La textura de un alimento se evalúa mediante el comportamiento que presenta ante la aplicación de una fuerza externa. El utilizar para este fin un método fundamental, permite deformar al alimento de una manera específica tal, que las condiciones de prueba sean conocidas y los parámetros obtenidos con dimensiones físicas concretas, permitan determinar las propiedades texturales del alimento (17,18).

A través del viscoelastómetro de placas paralelas, se aplica sobre una muestra un esfuerzo cortante y se registra la deformación del producto bajo esfuerzo constante contra el tiempo. De las curvas de cada tratamiento se obtuvieron los parámetros reológicos correspondientes: deformación/esfuerzo constante instantáneo (J_0), deformación/esfuerzo constante asociado con el comportamiento elástico retardado (J_1), tiempo de retardo (T_1) y viscosidad asociada al flujo newtoniano (η_N).

J_0 está relacionado inversamente con la elasticidad, valores elevados de éste indican poca flexibilidad, por tanto el alimento se rompe fácilmente y al ser masticado se muele con rapidez. Los valores de J_0 más altos los presentaron las salchichas elaboradas a partir de un solo tipo de recorte de carne, principalmente las mezclas res-pavo y caballo-res, mostraron una disminución en la magnitud de este parámetro, lo que sugiere diferencias en la forma de agregación de los componentes de la emulsión cárnica, es decir, de su microestructura, que es la que determina las características mecánicas del alimento. Probablemente en el compor-

tamiento de las proteínas radican las principales diferencias, debido a que son fundamentalmente las responsables de la estructura interna de las emulsiones (Cuadro 21) (8).

Las propiedades reológicas de las salchichas cuya consistencia es semisólida, vienen principalmente dadas por la matriz y los fenómenos de floculación y coalescencia se dificultan por la rigidez de la misma (23).

En condiciones normales no es apreciable la elasticidad debida al estiramiento de los enlaces interatómicos, puede afirmarse que esta propiedad de los alimentos se debe a la deformación elástica de las macromoléculas que lo constituyen (37).

De los resultados se infiere que la interacción entre proteínas de diferentes carnes conlleva a la obtención de una estructura semisólida más elástica que cuando proteínas de un mismo tipo de carne interactúan. Un comportamiento más elástico representa una mayor resistencia a la deformación.

La viscosidad newtoniana está asociada a la región lineal de la curva deformación/esfuerzo constante con el tiempo y a la ruptura de enlaces cuyo tiempo de recuperación es más largo que el período de la prueba, así como al desplazamiento de partículas unas sobre otras. Se determina en el alimento cuando su deformación llega a tal grado de provocar un comportamiento semejante al de un líquido. Es un parámetro reológico relacionado con la resistencia que presentan los líquidos a fluir. En general los valores más altos los presentaron las formulaciones constituidas por mezclas de distintos tipos de carnes, es decir, que en esta etapa de prueba, fueron los que opusieron mayor resistencia al movimiento laminar. Este comportamiento puede deberse a la existencia de algunos enlaces entre proteínas, quedando de esta forma, restos de la matriz formada. Los valores de J_0 bajos y η_N altos están en concordancia e indican resistencia a la deformación (33,54).

En membranas proteínicas cargadas, rodeando las partículas de grasa dispersa, las fuerzas de atracción y repulsión influyen en la resistencia a fluir. Al aumentar el contenido de la fase dispersa, se reducirá notablemente la resistencia a fluir, debido a un área muy grande, con menor adherencia de proteína y baja interacción (37).

J_1 (Deformación/esfuerzo constante con el tiempo, en la zona de retardo), está asociado con el período de tiempo de la prueba en el que existen enlaces que se rompen y reforman, aunque no todos lo hacen a la misma velocidad. Los valores más bajos de J_1 también los presentaron, en general, las formulaciones elaboradas mediante la combinación de distintas

CUADRO 21. VALORES DE LOS PARAMETROS REOLOGICOS PARA LAS
DISTINTAS FORMULACIONES

COMPOSICION PROTEICA ANIMAL	J_0	n_N	J_1	T_1
UNIDAD	$10^{-6} \text{ cm}^2/\text{dina}$	10^8 poise	$10^{-11} \text{ cm}^2/\text{dina}$	(s)
RES-PAVO	4.86	4.05	1.073	352.73
CABALLO-RES	8.43	5.30	1.32	328.70
CABALLO-PAVO	9.86	0.60	1.40	234.37
CABALLO-RES-PAVO	14.75	7.0	5.55	148.02
PAVO	14.35	5.12	2.93	230.92
RES	24.45	4.20	3.23	130.95
CABALLO	24.58	5.86	1.77	1052.53

carnes. Estos datos confirman una mayor resistencia a la deformación de las emulsiones cárnicas, en las que existen proteínas de diferente origen animal. La elasticidad es mayor en estos casos, el número de enlaces que se rompen y reforman, así como de otros que resisten el esfuerzo aplicado, es más elevado en relación al comportamiento de los presentes en las salchichas preparadas a partir de una especie animal. Al no cambiar la naturaleza de los demás materiales usados en la elaboración de las salchichas, queda restringida la variabilidad de su respuesta, ante un esfuerzo a la conformación de la matriz proteínica que encapsula la grasa y el resto de los componentes (18,37).

En un comportamiento similar, los valores mayores de T_1 (tiempo de retardo), los presentaron en forma general, las salchichas elaboradas con mezclas de carnes.

4.3.1 Análisis de varianza de los parámetros reológicos. Los valores obtenidos de J_0 , J_1 y η_N de las distintas formulaciones, se sometieron a análisis de varianza. Los resultados mostraron que, en relación a J_0 y η_N no existieron diferencias significativas entre tratamientos (Cuadros 22, 23).

El análisis de varianza de J_1 , si mostró diferencias significativas entre formulaciones. Por tanto, este último parámetro puede ser utilizado en la diferenciación de la textura de salchichas elaboradas con fracciones cárnicas de distinta composición (Cuadro 24).

4.4 Evaluación Sensorial.

La evaluación sensorial que se realizó a las salchichas, comprendió tanto textura como análisis de varianza. La prueba de textura indicó que si existieron diferencias significativas de esta característica entre formulaciones. En ésta se utilizó una escala de números enteros, que permitió la obtención de datos que muestran una diferencia entre muestras (Cuadro 25).

Con el fin de observar entre que tratamientos la diferencia era significativa, se realizó una prueba de Tukey a los resultados de la evaluación de textura. La mezcla res-pavo no presentó diferencias significativas con respecto a las formulaciones con un solo tipo de carne, se puede decir que esta combinación no elevó la firmeza en la salchicha en forma apreciable, no obstante que la carne de pavo influye en una mayor estabilidad de la emulsión (24,41).

CUADRO 22. ANALISIS DE VARIANZA DE J_0 PARA LAS DIFERENTES FORMULACIONES

FUENTE DE VARIACION	g.l.	s.s.	C.M.	F
Muestras	6	1.0325×10^{-9}	1.720×10^{-10}	3.765
Error	14	6.3957×10^{-9}	4.568×10^{-11}	
TOTAL	20	1.6720×10^{-9}		

$$F_t \ 6,14 = 4.46$$

$$p \leq 0.01$$

CUADRO 23. ANALISIS DE VARIANZA DE J_1 PARA LAS DISTINTAS FORMULACIONES

FUENTE DE VARIACION	g.l.	s.s.	C.M.	F
Muestras	6	1.483×10^{-10}	2.470×10^{-11}	1.50
Error	14	2.304×10^{-10}	1.645×10^{-11}	
TOTAL	20	3.787×10^{-10}		

$$F_t \ 6,14 = 1.453$$

$$p \leq 0.01$$

CUADRO 24. ANALISIS DE VARIANZA DE n_N PARA LAS DIFERENTES SALCHICHAS

FUENTE DE VARIACION	g.l.	s.s.	C.M.	F
Muestras	6	2.0×10^{17}	3.33×10^{16}	3.885
Error	14	1.2×10^{17}	8.57×10^{15}	
TOTAL	20	3.2×10^{17}		

$$F_t \ 6,14 = 4.46$$

$$p \leq 0.01$$

CUADRO 25. ANALISIS DE VARIANZA DE TEXTURA

Variaciones de origen	df	ss	ms	F
Muestras	6	97.2715	16.212	9.933
Jueces	19	33.3643	1.756	1.076
Error	114	226.9485	1.632	
TOTAL	139	357.6843		

$$F_t = 2.96$$

Al combinar carne de caballo con carne de pavo, la formulación tuvo una consistencia más firme comparada con las salchichas elaboradas a partir de un solo tipo de carne, pero su diferencia es menor que cuando la mezcla es caballo-res-pavo.

La carne de pavo presenta una buena estabilidad en la formación de una emulsión, ya sea sola o en combinación con otras carnes, así como una buena capacidad de retención de agua al utilizarla para la elaboración de embutidos y presenta menores pérdidas de peso durante el proceso (23).

La mezcla de carnes caballo-res (50-50), fué la que dió salchichas más firmes, presentó la diferencia más grande con respecto a la de 100% res.

Al observar los resultados del análisis de varianza de evaluación sensorial de preferencia, se concluye que no hubo mayor aceptación por alguna de las formulaciones, aún cuando su textura varió, debido probablemente a que los jueces se guiaron principalmente por su sabor, el cuál enmascaró el típico sabor de cada tipo de carne utilizado, o que el rango de textura que presentaron las salchichas está dentro del típicamente mostrado por las distintas marcas comerciales conocidas de este embutido (Cuadro 26).

La prueba de Tukey corroboró en alto grado la evaluación de las propiedades de las formulaciones presentadas en valores de los parámetros reológicos obtenidos mediante el viscoelastómetro de placas paralelas (Cuadro 27).

Diferencias personales quizás se deban a apreciaciones personales en los jueces.

La prueba de Tukey mostró que las salchichas elaboradas con mezcla de carne caballo-res no presentó diferencias significativas con las demás combinaciones, excepto con la de res-pavo, fué más firme que las preparadas a partir de carnes solas. Al comparar la mezcla caballo-pavo con res-pavo, no se encontró diferencia significativa en su textura. Las salchichas elaboradas con mezclas de carnes, en general, presentaron mayor resistencia a la deformación. Lo anterior se encuentra acorde con lo observado en los valores de los parámetros reológicos.

La composición de las emulsiones cárnicas y tratamientos a los que se sometieron, determinaron la estabilidad del producto terminado. Cuanto más completa y resistente sea la red proteínica, tanto más acusada será la elasticidad.

CUADRO 26. ANALISIS DE VARIANZA PARA PREFERENCIA

Variaciones de origen	df	ss	ms	F
Muestras	6	18.5715	3.0954	1.3171
Jueces	19	148.4615	7.8137	3.3250
Error	114	323.6000	2.3500	
TOTAL	139	490.6330		

$$F_t = 2.96$$

CUADRO 27. PRUEBA DE TUKEY DE LA EVALUACION SENSORIAL
DE TEXTURA

TRATAMIENTO	MEDIA
CABALLO - RES	4.45 _a
RES - CABALLO - PAVO	4.10 _a
CABALLO - PAVO	3.75 _a
RES - PAVO	2.55 _b
PAVO	2.50 _b
CABALLO	2.45 _b
RES	2.35 _b

Diferencia significativa menor : 1.21

$p < 0.01$

Medias con letras iguales indican que no existen diferencia significativa.

En general, las mezclas con recortes cárnicos de distintos tipos de carnes, mejoran la estabilidad de las emulsiones, obteniendo un producto final con un valor nutritivo mayor y sus características de sabor y apariencia mejoran notablemente.

4.5 Ecuación Empírica de los Parámetros Reológicos.

En la ecuación general que define las curvas deformación/esfuerzo constante contra el tiempo, se sustituyeron para cada una de las formulaciones, los valores de los parámetros reológicos obtenidos experimentalmente.

A partir de la ecuación general:

$$J(t) = J_0 + J_1(1 - \exp(-t/T_1)) + J_2(1 - \exp(-t/T_2)) + t/\eta N$$

se trazaron las curvas estimadas utilizando tiempos similares a los de prueba de laboratorio y se compararon con las curvas obtenidas mediante el viscoelastómetro de placas paralelas (figura 14). Posteriormente se realizaron pruebas de hipótesis nula para cada par de curvas, estimada y experimental (Cuadro 28) (50).

Los resultados observados indican que no hubo diferencia entre las dos curvas trazadas a nivel del 5% de significancia.

En las figuras 16 a 22, no se aprecia diferencia entre ambos tipos de curvas, las desviaciones son despreciables según los resultados obtenidos en el cuadro 29. En las figuras 21 y 22, correspondientes a las formulaciones 100% caballo y 100% res, la variación entre las curvas experimental y estimada fue un poco notoria, aunque no existió estadísticamente tal diferencia, pudiendo deberse, entre algunas razones, a que en la medición de estos valores influye en gran medida, la habilidad manual en el corte de la muestra, el manejo del aparato, la temperatura, etc.

En las curvas de las figuras 16,17,18,19 y 20 no se aprecian desviaciones notorias, debiéndose principalmente, a que los datos obtenidos de las curvas experimentales, al sustituirse a la ecuación, dieron valores muy similares, casi idénticos, de los que se infiere que estas mediciones fueron más precisas, con menos errores a nivel de medición a nivel instrumental práctico.

CUADRO 28. PRUEBA DE HIPOTESIS NULA PARA LOS VALORES DE J(t) EXPERIMENTAL Y ESTIMADO

81

FORMULACION	F(CALCULADO)
1	1.278
2	1.1747
3	1.0295
4	1.0115
5	1.2506
6	1.3375
7	1.1983

$$F_{t \ 19} = 2.43$$

$$p \leq 0.05$$

CUADRO 29. VALORES DE LOS PARAMETROS ESTADISTICOS PARA LAS DISTINTAS FORMULACIONES

FORMULACION	DESV. STD.	VARIANZA	MEDIA
1	4.514×10^{-7}	2.038×10^{-13}	-2.531×10^{-6}
2	4.866×10^{-7}	2.367×10^{-13}	-2.015×10^{-6}
3	4.198×10^{-7}	1.762×10^{-13}	2.604×10^{-7}
4	3.303×10^{-7}	1.091×10^{-13}	2.062×10^{-7}
5	1.048×10^{-6}	1.099×10^{-12}	-3.030×10^{-6}
6	1.165×10^{-6}	1.356×10^{-12}	-6.161×10^{-6}
7	9.477×10^{-7}	8.981×10^{-13}	-7.740×10^{-6}

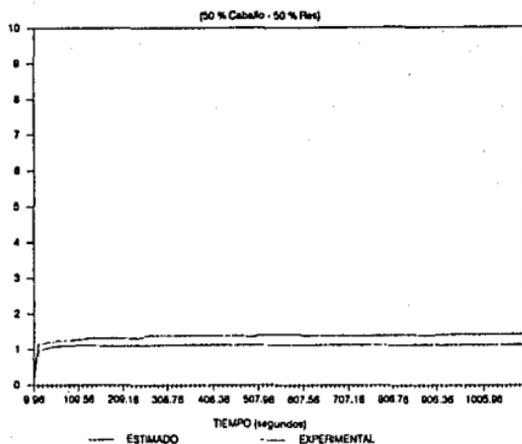


Fig. 16 Curva deformación/esfuerzo constante contra el tiempo, experimental y estimada para la formulación 1.

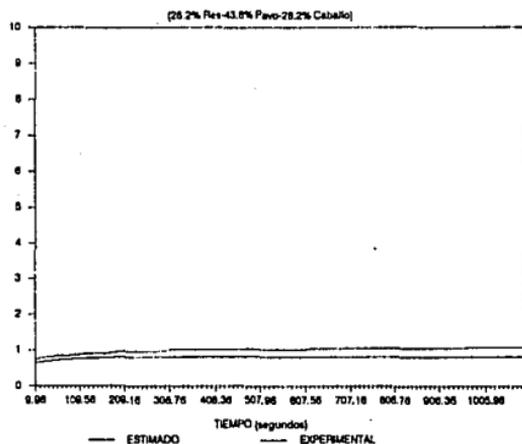


Fig. 17 Curva deformación/esfuerzo constante contra el tiempo, experimental y estimada para la formulación 2.

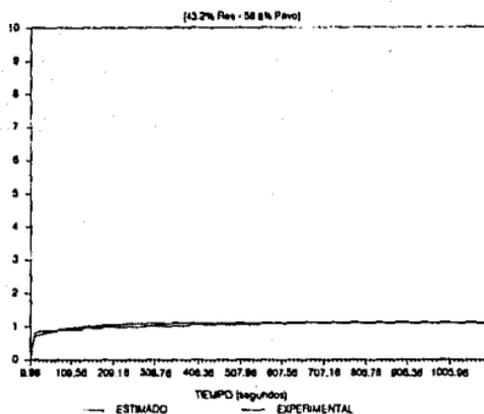


Fig. 18. Curva deformación/esfuerzo constante contra el tiempo, estimado y experimental para la formulación 3.

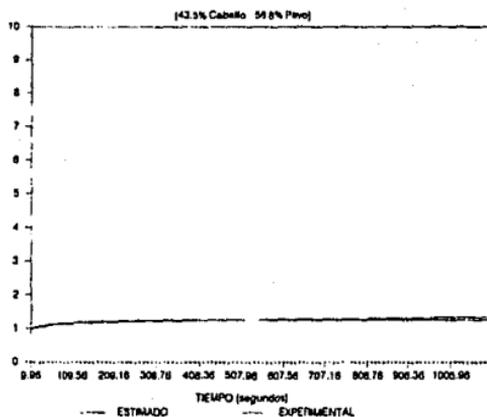


Fig. 19. Curva deformación/esfuerzo constante contra el tiempo, estimado y experimental para la formulación 4.

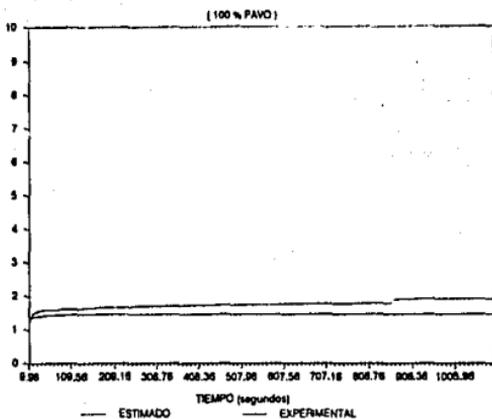


Fig. 20. Curva deformación/esfuerzo constante contra el tiempo, estimado y experimental para la formulación 5.

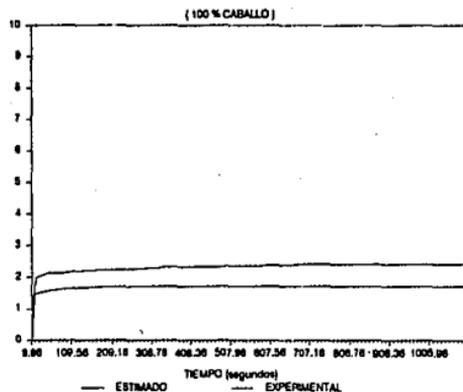


Fig. 21. Curva deformación/esfuerzo constante contra el tiempo, estimado y experimental para la formulación 6.

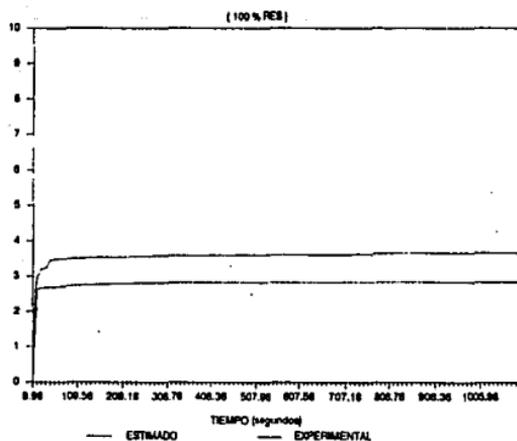


Fig. 22. Curva deformación/esfuerzo constante contra el tiempo, experimental y estimado para la formulación 7.

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

CONCLUSIONES:

Las mezclas de recortes cárnicos, permitieron mejorar la textura y sabor de las salchichas, respetando la composición establecida en la Norma general, obteniéndose a su vez, una buena calidad nutricional.

La textura de las salchichas se modificó al variar la composición de su fracción cárnica, como respuesta a cambios en su microestructura.

La combinación de distintos recortes de carne elevó la firmeza del producto, que repercutió en una mayor estabilidad del mismo, ante la aplicación de una fuerza externa.

La evaluación instrumental de textura de las distintas formulaciones, arrojó resultados acordes a los obtenidos sensorialmente, por lo que el viscoelastómetro de placas paralelas es un aparato que puede tener gran aplicación en la Industria Cárnica.

Entre los distintos tratamientos no existieron diferencias significativas en relación a preferencia, aún cuando en cuanto a textura sí las hubo.

Los parámetros físico-mecánicos calculados para cada formulación, caracterizaron satisfactoriamente el comportamiento reológico de las salchichas al ser sustituidas en la ecuación general que describe las curvas deformación/esfuerzo constante con el tiempo.

RECOMENDACIONES.

Para trabajos posteriores se recomienda:

-Estudiar la microestructura de las salchichas, variando su composición cárnica.

-Llevar a cabo este tipo de estudio en otros alimentos, para comprender mejor la relación entre su microestructura y textura.

6.. REFERENCIAS.

- 1.- Association of Official Analytical Chemist, AOAC, Washington D.C., 4a. edición, 1980.
- 2.- Badui S., Química de los Alimentos, Ed. Alhambra, México, 1982.
- 3.- Barberena Rojas Elfas, Estudio Bibliográfico sobre el uso de aditivos químicos en carnes procesadas, Tesis Licenciatura, Universidad La Salle, México, 1989.
- 4.- Barbut, S. and Thayer, D.W., Irradiation Dose and Temperature Effects on the sensory properties of Turkey Frankfurthers; Poultry Science 67, p. 1797-1800.
- 5.- Bateman, J.V., Nutrición Animal, Edit. Herrero Hnos, S.A., México, 1970.
- 6.- Bourne, M.C., Food Texture and Viscosity, Concept and Measurement, Academic Press, New York, 1982.
- 7.- Bradley P.L., Mackeith F.K. and Huncke M.E., Comparison of Sensory and Instrumental Texture Profile for the Evaluation of Beef and Beef-soy loaves, Journal of Food Science 50, p. 1537- 1539, 1985.
- 8.- Burgeois C.M., Leroux P., Proteínas animales, Editorial El Manual Moderno, México, 1980.
- 9.- Charley, H., Tecnología de Alimentos, Procesos químicos y físicos en la preparación de alimentos, Edit. Limusa, México, 1987.
- 10.- Coretti, K., Embutidos: Elaboración y defectos, Editorial Acribia, Zaragoza, España, 1986.
- 11.- Cornily G. and Le Meste M., Flow behavior of Lard and of its fractions at 15 C, relationship with thermal behaviour and chemical composition, Journal of texture studies 16, pp. 383-402, 1985.

- 12.- Covarrubias Esquivel, Carlos, Análisis Proximal y Microbiológico de salchichas tipo Viena y Jamón Cocido, Tesis Licenciatura, U.N.A.M., México, 1986.
- 13.- Curiel, Curiel Gpe. del Pilar, Desarrollo y Evaluación de un embutido tipo mortadela a partir de carne de gallina, Tesis de Licenciatura, Universidad La Salle, México, 1986.
- 14.- Draper, Smith H., Applied Regression Analysis, John Wiley and Sons, INC., New York, 1966.
- 15.- Desrosier, N.W., Conservación de los alimentos, 2a. edición, Ed. CECSA, México, 1980.
- 16.- Escarra y Gaspar, E., Estudio de la influencia de la composición de emulsiones cárnicas sobre las propiedades reológicas utilizando un viscoelastómetro de placas paralelas, Tesis de Licenciatura, Depto. Ciencias de los Alimentos y Nutrición, UIA, México, 1985.
- 17.- Essex E., Finney J.P., Elementary concepts of Rheology and Texture of Foods, Texture measurements of foods, Krame and Szczesniak Editors, Reidel Publishing Co., Boston, 1968.
- 18.- Fizman, S.M., Castelli E., Durán L., Medida del Comportamiento Reológico de los Alimentos Sólidos; Rev. Agroquímicas, Tecnología de Alimentos, 23, España 1983.
- 19.- Forrest, J.C., Fundamentos de la ciencia de la carne, Edit. Acribia, Zaragoza, España, 1979.
- 20.- Frazier, W.C., Food microbiology, McGraw Hill Book Company, New York, N.Y., 1979.
- 21.- Fryer, R.L. and Prusa K.J., Sensory Analysis, composition and Instron Measurements of Turkey-Beef Breakfast Sausage, Poultry Science 67, p. 1075-1079, 1988.
- 22.- Hart, F.L., Fisher, H.J., Análisis Moderno de los Alimentos, Editorial Acribia, Zaragoza, España, 1980.

- 23.- Hermansson A.M., Functional properties of Added Protein correlated with properties of meat systems, Effect on texture of a meat product, *Journal of Food Science*, 40, pp 611-614, 1975.
- 24.- Hernández C.M., Solís G.A., Embutidos de Carne de Ave, Tesis Licenciatura, UNAM, México, 1977.
- 25.- Inokuchi, K. *Bull, Chem. Soc. Japan*, Vol. 28, 1955.
- 26.- Izutsu T., Wani H. Food Texture and Taste : A review, *Journal of Texture Studies* 16, p.23-27, 1985.
- 27.- Kletner P.G., Técnica de picado para un embutido escaldado, *Fleischwirtsch Español* 1, pp.4-12, 1986.
- 28.- Kramlich, W.E. Pearson, *Processed Meats*, The Avi Publishing Co.Inc., Westport, Connecticut, 1980.
- 29.- Kulmbach and Stiebing, Calentamiento y conservabilidad de un embutido escaldado, *Fleischwirtsch, Español* 1, pp.20-25, 1986.
- 30.- Kulmbach G.H., Higiene y Tecnología de la Producción Cárnica, *Fleischwirtsch Español* 1, pp.44-50, 1986.
- 31.- Larmond Elizabeth, *Laboratory Method for Sensory Evaluations of Foods*, Food Research Institute, Ottawa, Ont., 1977.
- 32.- Leverton R.M., Odell G.V., *The Nutritive Value of Cooked Meat*, Oklahoma State University, p.322, 1959.
- 33.- Lobato Calleros Consuelo, Efecto de la adición de caseinato de sodio en el rendimiento y propiedades reológicas de queso fresco tipo panela modificado, Tesis Maestría, Depto. de Ciencia y Tecnología de Alimentos, UIA, México, 1987.
- 34.- López Gavito, Laura, Desarrollo de salchichas tipo Viena con carne de conejo, Tesis Licenciatura, Universidad La Salle, México, 1979.

- 35.- Manuales para Educación Agropecuaria, Elaboración de productos cárnicos, Editorial Trillas, S.A., México, 1982.
- 36.- Matlock R.G., Terrel R.N., Factors affecting properties of precooked frozen pork sausage patties made with various NaCl- Phosphate combinations, Journal of Food Science 49, pp 632-635, 1984.
- 37.- Muller, H.G., Introducción a la Reología de los Alimentos, Edit. Acribia, Zaragoza, España, 1978.
- 38.- Pérez Azuela, Ma. Esperanza, Análisis Microbiológico de embutidos de mayor consumo en el D.F., Tesis Licenciatura, Universidad La Salle, México, 1981.
- 39.- Price, J.F., Ciencia de la carne y de los productos cárnicos, Edit. Acribia, Zaragoza, España, 1976.
- 40.- Potter, N., La Ciencia de los Alimentos, Edutex, S.A., México, 1978.
- 41.- Rizvi, S.S.H., Rheological Properties of Comminuted Meat Systems, Food Technology 23, p. 238-243, 1981.
- 42.- Rodríguez Montoya, Irazema Patricia, Aplicación del concentrado de soya en embutidos cárnicos, Tesis Licenciatura, Universidad La Salle, México, 1982.
- 43.- Sánchez García María Cruz, Efecto de diferentes aditivos y su concentración en la velocidad de penetración de calor y propiedades sensoriales en un producto tipo salchicha a base de Carne de Jurel (Caranax hippos), Tesis Maestría, Depto. de Ciencia y Tecnología de Alimentos, UIA, México, 1990.
- 44.- Santiesteban, F.M.G., Desarrollo de una salchicha a partir de texturizado de soya, Tesis de Maestría del Depto. de Ciencias de la Nutrición y de los Alimentos, UIA, México, D.F., 1981.
- 45.- Sanz Egaña, Industria de la Carne y Chacinería Moderna, Edit. Espasa Calpe, Madrid, 1984.

- 46.- Secretaría de Comercio y Fomento Industrial, Norma Oficial Mexicana, NOM-F-65-1984, Alimentos-Salchichas-Especificaciones.
- 47.- Secretaría de Programación y Presupuesto, Coordinación General del Sistema Nacional de Informática, Area de Documentación, México, 1989.
- 48.- Shama F. & Sherman P., An Automated Parallel Plate Viscoelastometer for studying the Rheological Properties of Foodstuffs S.C., 27, Academic Press, London, 1967.
- 49.- Sherman P., Industrial Rheology, Academic Press, New York, 1970.
- 50.- Snedecor, G.W., Cochran, W.G., Métodos Estadísticos, Cía. Edit. Continental, S.A., México, 1979.
- 51.- Subsecretaría de Ganadería (D.E.I.P.), Dirección General de Política Pecuaria, México, 1989.
- 52.- Subsecretaría de Programación y Presupuesto, Perspectivas de Desarrollo para ramas seleccionadas, México, D.F., 1985.
- 53.- Szczesniak A.S., Center K., Objective Measures of Fresh Meat Dehydrated, Gral. Foods Corp., Technical Center, Tarrytown, New York, 1988.
- 54.- Vernon, E.J., Torreblanca, A. y Lever C.A., Estudio de las propiedades viscoelásticas de productos alimenticios. Tecnología de Alimentos 18, p. 10-17, México, 1983.
- 55.- Voisey, P.W., Deman J.M., Rheology and Texture in food quality, The Avi Publishing Co., Inc., Westport, Connecticut, 1979.
- 56.- Voisey P.W., Selection of an Objective Test of Wiener Texture by Sensory Analysis, Journal of Science Technology, 8, pp. 23-25, 1975.