

Centro de Investigación en Alimentación
y Desarrollo, A. C.

EVALUACION DE LA FUNCIONALIDAD DE PROTEINAS SOLUBLES
EN SOLUCION SALINA DE VISCERAS DE RES Y PUERCO
EN UN SISTEMA MODELO

POR

JOSE CARMEN RAMIREZ RAMIREZ

TESIS APROBADA POR LA

DIRECCION DE TECNOLOGIA DE ALIMENTOS
DE ORIGEN ANIMAL

COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER
EL GRADO DE

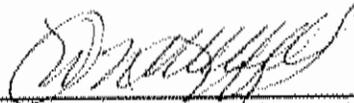
MAESTRO EN CIENCIAS CON ESPECIALIDAD
EN NUTRICION Y ALIMENTOS

HERMOSILLO, SONORA.

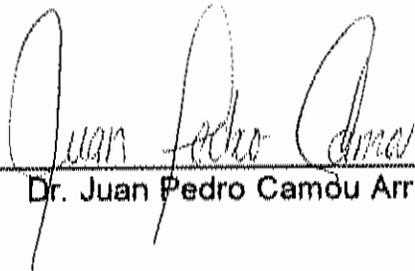
MARZO DE 1995

APROBACION

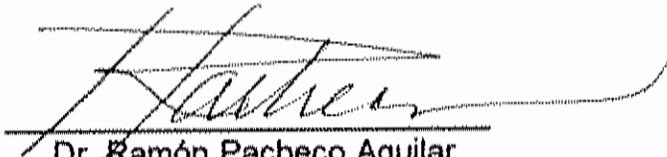
Los miembros del comité designado para revisar la tesis de José Carmen Ramírez Ramírez, la han encontrado satisfactoria y recomiendan sea aceptada como requisito parcial para obtener el grado de Maestro en Ciencias con Especialidad en Nutrición y Alimentos.



Dra. Natalia F. González Méndez
Directora de Tesis

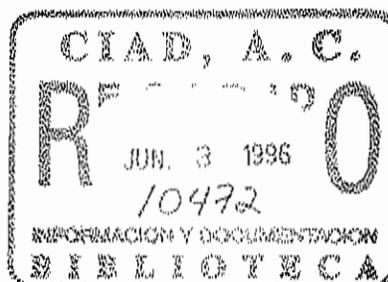


Dr. Juan Pedro Camou Arriola



Dr. Ramón Pacheco Aguilar

Hermosillo, Sonora



Marzo de 1995

DECLARACION DEL AUTOR

Se permiten citas breves del material contenido en esta tesis sin permiso especial del autor, siempre y cuando se dé el crédito correspondiente. Para citas y consultas más amplias o para la reproducción Integra de este documento con fines académicos, se podrá solicitar permiso al Director del Centro, al Jefe del Departamento de Tecnología de Alimentos de Origen Animal o al Director de la Tesis en el Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A. C. con dirección en Carretera a la Victoria Km. 0.6, Apartado Postal 1735. Hermosillo, Sonora. México. Bajo cualquier otra circunstancia, deberá solicitarse permiso al autor.

Firma



JOSE CARMEN RAMIREZ RAMIREZ

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer al Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A. C. por darme la oportunidad de realizar mis estudios de Maestría en Ciencias con Especialidad en Nutrición y Alimentos; en especial a todos mis maestros, gracias por transmitirme sus conocimientos.

A la Secretaría de Educación Pública y al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología por brindarme el apoyo económico para poder realizar una meta más en mi formación profesional.

Deseo expresar mi más reconocido agradecimiento a mi comité de tesis integrado por mi Directora, Dra. Natalia F. González Méndez, el Dr. Juan Pedro Camou Arriola y el Dr. Ramón Pacheco Aguilar. A todos ustedes muchas gracias por sus valiosas aportaciones durante la dirección del presente trabajo.

A la Universidad Autónoma de Nayarit, por haberme brindado la oportunidad de seguirme superando, espero poder corresponderle.

Al Departamento de Tecnología de Alimentos de Origen Animal del C.I.A.D., por darme el apoyo y facilitarme el equipo necesario para la realización del presente trabajo.

De la misma manera quiero agradecer al personal del Area de Carnes del C.I.A.D., Q. B. Armida Sánchez, M. en C. Aida Peña, al T.I.C. Germán Cumplido, y al Ing. Químico Gastón Torrescano por su valiosa ayuda.

A todos mis amigos de la Maestría y en especial al Q.B. Román Gonzálezla Ochoa, Q.B. Guillermina Sánchez, Ing. José Luis Cruz, Q.B. Martín Valenzuela y Q.B. Luis Enrique González Siqueiros, por su ayuda desinteresada para llevar a cabo este trabajo.

A todas aquellas personas que de una forma u otra participaron en la realización del presente trabajo.

A todos ustedes MUCHAS GRACIAS

DEDICATORIA

Con todo mi amor y especialmente a mis hijos Tania y Betito, quienes son mi motivo y razón de ser.

A mi querida esposa Estela, por todo su cariño, apoyo y comprensión.

A la memoria de mi Padre Fabián, mi hermano Pepe, mi sobrino Pablito y mi cuñado Andrés. Por haberme dejado bonitos recuerdos.

Quiero dedicar con mucho cariño el presente trabajo a mi Madre Abigail, y mis hermanos Roberto, Lupita, Guillermo, Francisco, Concepción y Andrés. Por la gran unión que siempre existe entre nosotros.

CONTENIDO

	Página
INDICE DE CUADROS	iv
INDICE DE FIGURAS	vi
RESUMEN	vii
INTRODUCCION	1
ANTECEDENTES BIBLIOGRAFICOS	4
Proteínas Musculares	4
Proteínas Miofibrilares	5
Miosina	5
Actina	6
Actomiosina	8
Proteínas Reguladoras	8
Otras Proteínas Miofibrilares	8
Proteínas Sarcoplásmicas	9
Proteínas del Estroma	10
Propiedades Funcionales de las Proteínas Musculares	10
Solubilidad	12
Factores que Afectan la Solubilidad	12
Capacidad Emulsificante (CE)	14
Factores que Afectan la CE	17
Gelificación Térmica	19
Factores que Afectan la Gelificación Térmica	20
Capacidad de Retención de Agua (CRA)	24
Factores que Afectan la CRA	25

Propiedades Funcionales de Proteínas de Subproductos Cárnicos	27
Solubilidad	27
Capacidad Emulsificante (CE)	28
Capacidad Gelificante	29
Capacidad de Retención de Agua	30
MATERIALES Y METODOS	31
Material Cárnico.....	31
Métodos	31
Preparación de la Muestra	31
Medición del Potencial de Hidrógeno (pH)	33
Extracción de Proteínas	33
Determinación de Proteínas	34
Sistemas Modelo Proteicos	34
Preparación del Sistema Modelo Proteico 1	35
Precipitación de Proteínas	35
Preparación del Sistema Modelo Proteico 2	35
Electroforesis en Condiciones Desnaturalizantes	36
Tratamiento Térmico para Gelificación	36
Medición de la Fuerza de Gel	37
Medición de la Capacidad de Retención de Agua (CRA) del Gel	37
Capacidad de Emulsificación (CE).....	38
Análisis Químico Proximal	38
Proteína Total	39
Grasa	39
Humedad	39
Cenizas	39
Diseño Expeimental y Análisis Estadístico	39
RESULTADOS Y DISCUSION	40
Composición Proximal	40
Potencial de Hidrógeno (pH)	42

Contenido de Proteína Soluble	44
Contenido de Proteína en los Extractos (PE)	44
Contenido de Proteína en los Precipitados (PP)	47
Fuerza de Gel	52
Porcentaje de Pérdida de Agua de los Geles (PA)	56
Capacidad Emulsificante	62
Electroforesis en Gel de Poliacrilamida SDS	67
CONCLUSIONES	70
RECOMENDACIONES	72
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	73

INDICE DE CUADROS

	Página
1. Composición Proximal de Vísceras y Músculo Semitendinoso de Puerco y Res	41
2. Valores de pH de Vísceras y Músculo Semitendinoso de Puerco y Res	43
3. Contenido de Proteína Soluble (g/100 g de extracto) de Vísceras y Músculo Semitendinoso de Puerco	45
4. Contenido de Proteína Soluble (g/100g de extracto) de Vísceras y Músculo Semitendinoso de Res	46
5. Contenido de Proteína en los Precipitados (g/100g de ppdo) de Vísceras y Músculo Semitendinoso de Puerco	49
6. Contenido de Proteína en los Precipitados (g/100g de ppdo) de Vísceras y Músculo Semitendinoso de Res	50
7. Fuerza de Gel (Kgf) de Proteínas (SMP2) de Vísceras y Músculo Semitendinoso de Puerco	53

8.	Fuerza de Gel (Kgf) de Proteínas (SMP2) de Vísceras y Músculo Semitendinoso de Res	55
9.	Porcentaje de Pérdida de Agua de Geles de Proteínas (SMP2) de Vísceras y Músculo Semitendinoso de Puerco	58
10.	Porcentaje de Pérdida de Agua de Geles de Proteínas (SMP2) de Vísceras y Músculo Semitendinoso de Res	60
11.	Capacidad Emulsificante de Proteínas (SMP1) de Vísceras y Músculo Semitendinoso de Puerco	63
12.	Capacidad Emulsificante de Proteínas (SMP1) de Vísceras y Músculo Semitendinoso de Res	64

INDICE DE FIGURAS

	Página
1. Diagrama Esquemático de una Molécula de Miosina Antes y Después de la Hidrólisis	7
2. Desarrollo Experimental	32
3. Contenido de Proteína Soluble de Vísceras y Músculo Semitendinoso de Puerco y Res	48
4. Contenido de Proteína en los Precipitados de Vísceras y Músculo Semitendinoso de Puerco y Res	51
5. Fuerza de Geles de Proteína (SMP2) de Vísceras y Músculo Semitendinoso de Puerco y Res	57
6. Pérdida de Agua de Geles de Proteína (SMP2) de Vísceras y Músculo Semitendinoso de Puerco y Res	61
7. Capacidad Emulsificante de Proteínas (SMP1) de Vísceras y Músculo Semitendinoso de Puerco y Res	66
8. Perfil Electroforético en Gel de Poliacrilamida SDS de Proteínas Solubles en Solución Salina (Miofibrilares y Sarcoplásmicas) de Vísceras y Músculo Semitendinoso de Puerco y Res	68

RESUMEN

Se obtuvieron extractos proteicos de vísceras (hígado, corazón y estómago) y músculo semitendinoso de res y puerco con solución salina. Los extractos se ajustaron a 3 mg de proteína/ml y se les denominó Sistema Modelo Proteico 1 (SMP1). Este se usó para evaluar la Capacidad Emulsificante (CE). Se Incrementó el contenido de proteína de los extractos disminuyendo la fuerza iónica. Los precipitados así obtenidos se diluyeron con solución salina a 3 g de proteína/100 g de mezcla, a los que se les llamó Sistema Modelo Proteico 2 (SMP2). Con éste se formó un gel al cual se le determinó su fuerza y el porcentaje de pérdida de agua. Se compararon los perfiles proteicos de las proteínas solubles mediante electroforesis en condiciones desnaturalizantes. El contenido de proteína soluble entre vísceras y músculo de ambas especies fue diferente ($p < 0.05$); el promedio más alto fue del hígado y músculo esquelético de puerco (5 g de proteína/100 g de extracto). El valor más bajo lo mostró el estómago en ambas especies (2 g de proteína/100 g de extracto). Los geles de proteínas esqueléticas de res fueron los de mayor fuerza (2 Kgf) ($p < 0.05$). Las proteínas de corazón de ambas especies fueron mejores gelificantes (1 Kgf) que las de hígado y estómago 0.07 y 0.13 Kgf, respectivamente ($p < 0.05$). Los geles de proteínas de corazón de ambas especies perdieron menos agua que el resto de las vísceras y el músculo esquelético ($p < 0.05$). Las proteínas (SMP1) de hígado de puerco mostraron mejor CE (117 ml de aceite/100 mg de proteína) que las demás muestras ($p < 0.05$). Los resultados de electroforesis mostraron diferencia entre vísceras y músculo esquelético y no por especie. La información obtenida puede servir de base para futuras investigaciones sobre el uso de las vísceras en el desarrollo de nuevos productos cárnicos.

INTRODUCCION

La carne ha sido considerada uno de los alimentos de primera necesidad. A pesar de ello, en los últimos años su precio ha aumentado notablemente. En el año de 1983 se requería el 57% de un salario mínimo para comprar un Kg de carne, habiéndose incrementado a 1.33 salarios mínimos para 1990 (Palacios, 1991). Actualmente, se requiere de 1.5 salarios mínimos para adquirir la misma cantidad de carne. El aumento del precio de la carne y productos cárnicos procesados ha causado que la industria alimentaria evalúe la utilización de todas aquellas fuentes de proteína incluyendo los subproductos cárnicos (Gorkza *et al.*, 1988).

En base a la producción de ganado bovino en México, se estima que durante 1990 se produjeron 96,135 ton de corazón, 160,271 ton de hígado y 106,666 ton de estómago. En el caso del ganado porcino, en ese mismo año, se obtuvieron 23,826 ton de corazón, 24,235 ton de hígado y 44,471 ton de estómago (INEGI, 1992).

El valor nutricional de algunas de estas vísceras es similar al de la carne, las cuales representan alimentos de buen aporte nutricional y de bajo costo (Niinivara y Antila, 1973). Aun así, los subproductos de la carne como los antes mencionados, generalmente son rechazados por sus características sensoriales o por diferencias en los hábitos alimenticios y culturales por región.

Las proteínas tienen gran importancia económica y tecnológica para la industria alimentaria. Estos polímeros pueden ser utilizados por sus características nutricionales, más aún lo que determina muchas veces la calidad

y el uso de éstas en la elaboración de alimentos son sus propiedades funcionales.

La funcionalidad o propiedades funcionales de las proteínas (PFP) son todas aquellas propiedades físicas y químicas que afectan el comportamiento y las características de un alimento, con excepción de las nutricionales, durante el procesamiento, almacenamiento, preparación y consumo. Estas propiedades dependen en gran parte de las características intrínsecas de las moléculas de proteína, así como también, de los factores de su entorno (Kinsella, 1982; Cheftel *et al.*, 1985).

Las PFP pueden ser evaluadas de diversas formas. Una de ellas consiste en medir las características de un producto en el cual se incluye la proteína de interés. Sin embargo, los parámetros medidos en este caso muchas veces son afectados por variables que resultan difíciles de controlar.

Una alternativa al respecto es el diseño y uso de sistemas modelo, los cuales consisten en un extracto de las proteínas de interés para ser estudiadas. Estos sistemas utilizan condiciones bien definidas y cuidadosamente controladas para simplificar los alimentos complejos y disminuir el efecto de numerosas variables de los procesos de elaboración (McWatters y Cherry, 1981; Cheftel *et al.*, 1985).

La solubilidad, gelificación, emulsión de grasa y retención de agua, son las propiedades funcionales más importantes de las proteínas, que determinan la textura y las características de ligado de productos cárnicos (Regenstein, 1988; Smith, 1988; Girard, 1991).

Las vísceras como el hígado, corazón y estómago entre otras, pueden ser utilizadas en la formulación de productos cárnicos con la finalidad de disminuir los costos de producción. Sin embargo, es muy limitada la información que se conoce sobre las PFP de estos subproductos (Nuckles *et al.*, 1990; Smith, 1991).

Investigaciones recientes han sido encaminadas a evaluar las PFP de subproductos cármicos en sistemas modelo que contienen específicamente la fracción de proteínas miofibrilares (Nuckles *et al.*, 1990; Xiong *et al.*, 1993; Wan *et al.*, 1993). Sin embargo, durante la elaboración de productos cármicos las proteínas que se extraen por la adición de sal son una mezcla de miofibrilares y sarcoplásmicas. Esta mezcla proteica participa funcionalmente en la calidad del producto final. En la literatura no se encontraron reportes de estudios sobre funcionalidad de proteínas de vísceras en sistemas modelo que contemplen tanto las proteínas miofibrilares como las sarcoplásmicas. Tampoco se han publicado estudios comparativos entre especies sobre las propiedades funcionales de estas proteínas. El presente trabajo se realizó con el fin de generar este tipo de conocimiento y que sirva de pauta para futuras investigaciones sobre el uso de las vísceras en el diseño de nuevos productos cármicos.

En base a lo anterior se plantearon los siguientes objetivos:

- Evaluar y comparar la funcionalidad (Solubilidad, Gelificación, Capacidad de Retención de Agua y Emulsificación) de las proteínas solubles en solución salina de hígado, corazón, estómago y músculo semitendinoso de res y puerco en un sistema modelo proteico (extracto de proteínas miofibrilares y sarcoplásmicas).
- Conocer los perfiles de proteínas solubles en solución salina de las vísceras mencionadas y compararlas con las del músculo esquelético en base a su peso molecular mediante electroforesis en condiciones desnaturizantes.
- Determinar la composición proximal de las vísceras y compararlas con el músculo esquelético.

ANTECEDENTES BIBLIOGRAFICOS

Proteínas Musculares

En base a su estructura, el músculo consta de células multinucleadas rodeadas por una membrana plasmática excitable denominada sarcolema. Una célula muscular contiene un gran número de miofibrillas que generalmente están situadas paralelas al eje longitudinal del músculo e inmersas en el citosol (sarcoplasma), el cual constituye una sustancia coloidal en la que están suspendidos todos los organelos. Se compone de 75-85% de agua, conteniendo además glucógeno, ribosomas, enzimas glicolíticas y productos intermediarios, ATP, ADP, AMP, fosfato, fosfocreatina y electrolitos inorgánicos, así como también varios aminoácidos y péptidos (Forrest *et al.*, 1975; Lehninger, 1982; Stryer, 1990).

Las fibras musculares están rodeadas y soportadas por una capa delgada de tejido conectivo formada de colágeno endomisial, fibras reticulares y finas fibras de elastina (Pearson y Young, 1987; Bechtel, 1986).

De acuerdo a su función y solubilidad las proteínas musculares se clasifican en: contráctiles o miofibrilares, sarcoplásmicas y del tejido conectivo o estroma. Las primeras son solubles en solución salina de alta fuerza iónica (0.5 a 0.6). Las segundas se solubilizan en soluciones salinas de baja fuerza iónica (≤ 0.1). Las terceras son insolubles en ambas a baja temperatura (Schut, 1976). El porcentaje de cada fracción depende de la especie animal y de otras variables como: tipo de músculo (Nuckles *et al.*, 1990; Swingler y Lawrie, 1979; Kodaiah

aproximadamente 50, 35 y 15% de proteínas miofibrilares, sarcoplásmicas y estromales, respectivamente (Forrest *et al.*, 1975; Badui, 1981).

Proteínas Miofibrilares

Las proteínas miofibrilares forman parte de la estructura de las miofibrillas, es decir de los filamentos gruesos y delgados, y de la línea Z. Estas proteínas participan en el proceso de contracción muscular y comprenden de 52 a 56% de la proteína total del músculo esquelético y sólo 45-50% de la proteína total del músculo cardíaco. En el caso del músculo liso estas proteínas se obtienen en menos concentración debido no solamente a que contienen menos filamentos gruesos y delgados que el músculo estriado sino también a su estrecha asociación con gran cantidad de tejido conectivo (Pearson y Young, 1989).

En este tipo de proteínas se encuentran: la miosina, actina, tropomiosina, complejo troponina, actinina alfa y beta, proteína C y proteína M entre otras (Forrest *et al.*, 1975; Fox y Condon, 1982).

Miosina. La miosina es la más importante de todas las proteínas contráctiles debido a su elevada cantidad y sus propiedades biológicas. Esta proteína contribuye alrededor del 50% de la proteína miofibrilar y forma los filamentos gruesos, hidroliza ATP y se une a la actina formando el complejo actomiosina (Harrington y Rodgers, 1984; Samejima *et al.*, 1981; Schut, 1976; Stryer, 1990). La mayor cantidad de miosina libre se extrae en estado pre-rigor del músculo (Acton *et al.*, 1983).

La molécula de miosina es un hexámero asimétrico con un peso molecular (PM) de alrededor de 510 Kd. Esta proteína tiene una porción fibrosa que está constituida por dos hélices entrelazadas, cada hélice contiene una cabeza globular localizada a un extremo (Figura 1). El hexámero consta de un par de cadenas pesadas con PM de 200 Kd/cadena y dos pares de cadenas ligeras de

PM de 15 a 27 Kd/cadena dependiendo del tipo de subunidad y la fuente de miosina. En cada cabeza de la fracción pesada se encuentran localizadas dos cadenas ligeras (Bechtel, 1986).

Al ser expuesta brevemente la miosina a las acciones de la tripsina o de la quimotripsina, se rompen determinados enlaces peptídicos situados cerca del centro de la cola (Figura 1). Este rompimiento libera un fragmento pesado y otro ligero denominados meromiosina pesada (MMP) y meromiosina ligera (MML) respectivamente (Pearson y Young, 1989; Lehninger, 1982).

La MMP corresponde a la porción globular y parte de la cola (Figura 1). Este fragmento tiene capacidad de interacción con la actina, con cationes divalentes y presenta actividad ATPasa.

La MML, que abarca la mayor porción fibrosa o cola, presenta la propiedad de solubilización de la miosina (Lee, 1983; Forrest *et al.*, 1975; Fennema, 1985; Acton y Dick, 1984; Lowey, 1979).

La miosina contiene 38% de aminoácidos polares con un alto contenido de residuos de ácido aspártico y glutámico, y una cantidad regular de residuos básicos de histidina, lisina y arginina. Esto permite a la molécula mantenerse cargada negativamente a pH fisiológico además tener mayor afinidad por los cationes divalentes como calcio (Ca^{+2}) y especialmente magnesio (Mg^{+2}) que por los cationes sodio (Na^{+}) y potasio (K^{+}) así como también por las moléculas de agua (Schut, 1976; Harrington, 1979; Smith, 1988).

Actina. La actina representa aproximadamente el 60% de los filamentos delgados y un 22% de la proteína miofibrilar total (Mannherz y Goodoy, 1976; Yates y Greaser, 1983). En músculo esquelético y cardíaco la actina existe como filamentos en doble hélice compuestos de monómeros globulares (actina G), los cuales se encuentran polimerizados formando actina F (Xiong, 1994). La actina G tiene un peso molecular de 43-48 Kd. En presencia de sales neutras y a pH

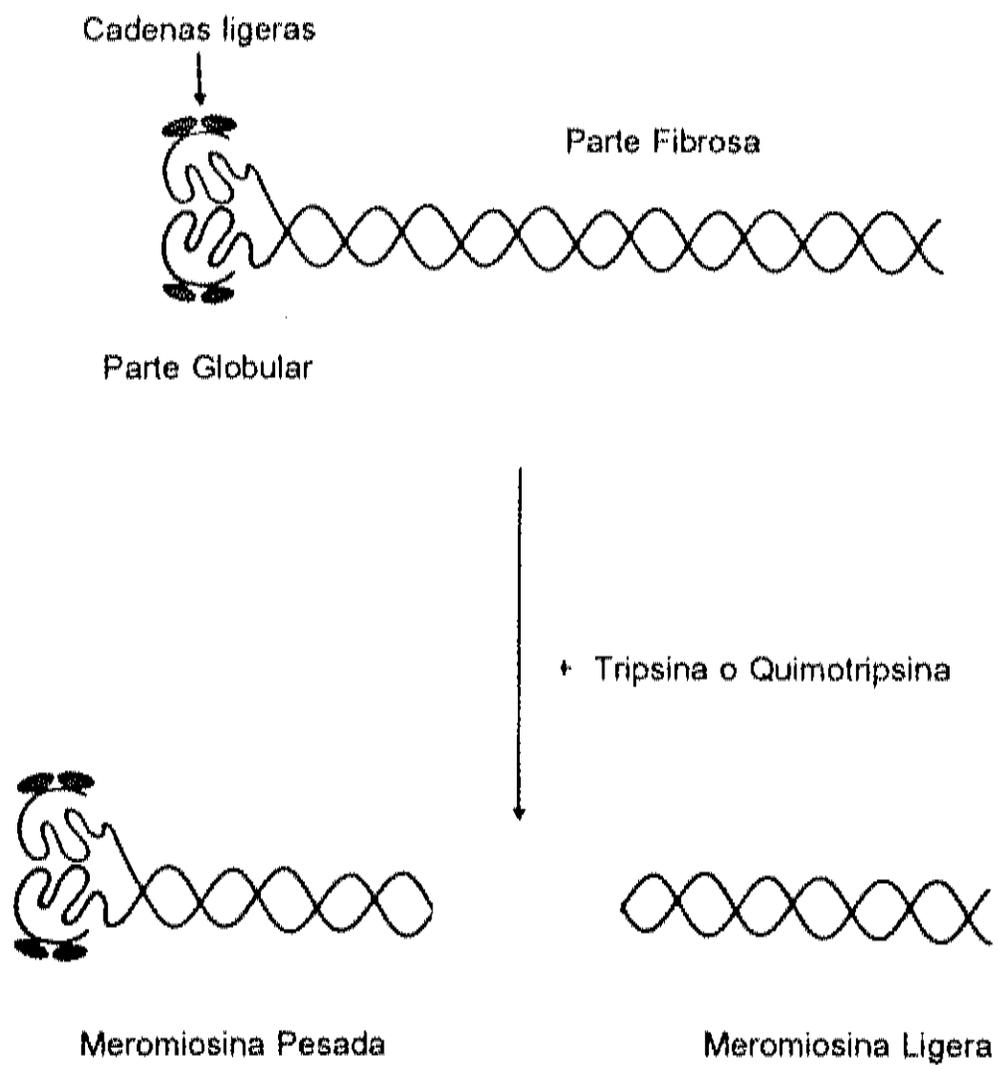


Figura 1. Diagrama esquemático de una molécula de Miosina antes y después de la hidrólisis enzimática. Fuente: Mathews y Van Holde (1990).

fisiológico la actina globular se polimeriza de manera no covalente para formar la actina F que es insoluble. Ninguno de los tipos de actina muestran actividad enzimática (Lee, 1983; Martin *et al.*, 1983). La actina F se une a una cabeza de miosina durante el proceso de contracción muscular. El ATP previene la interacción actina-miosina.

Actomiosina. Esta proteína es el complejo resultante del proceso de contracción muscular. Se forma por la interacción entre la cabeza de miosina y la actina F. La actomiosina es responsable del estado de rigidez, denominado "rigor mortis", que se origina después de la muerte animal (Suzuki, 1981; Forrest *et al.*, 1975; Fox y Condon, 1982).

Los músculos de un mismo animal difieren grandemente en ternura. Las características de ternura se presentan como resultado de los efectos colectivos de varios factores dentro de los cuales se incluyen las propiedades de la actomiosina, la cantidad de tejido conectivo y el estado químico del colágeno, entre otros (Bechtel, 1986).

Proteínas Regulatoras. Se les ha denominado así al complejo troponina y a la tropomiosina principalmente, porque desempeñan un papel muy importante como reguladores del proceso de contracción muscular (Forrest *et al.*, 1975; Hultin, 1984; Pomeranz, 1985).

Otras Proteínas Miofibrilares. Otras proteínas han sido purificadas del músculo esquelético, entre las más importantes se encuentran: la titina o conectina, nebulina y desmina con pesos moleculares aproximados de 900, 500 y 55 Kd respectivamente. Se cree que la titina se distribuye a través de toda la longitud del sarcómero localizándose en el área mediata e inmediata al filamento grueso. Esta proteína es importante por conferir propiedades elásticas al músculo

esquelético. La nebulina se encuentra en la línea N_2 y puede constituir el 3% de la proteína miofibrilar total. Esta es una proteína estructural que optimiza las interacciones entre filamentos gruesos y delgados. La desmina representa menos de 0.2% de la proteína miofibrilar y une transversalmente las miofibrillas en la línea Z. Esta proteína puede ser de gran importancia para la estructura de la carne y su blandura, pues se considera que participa en los cambios producidos durante la maduración (Bechtel, 1986; Pearson y Young, 1989; Lawrie, 1984).

Proteínas Sarcoplásmicas

Este tipo de proteínas constituyen el 30-35% de la proteína total del músculo esquelético y en menor proporción en el músculo cardíaco. A este grupo, el cual es llamado a veces miógeno, corresponden al menos de 100 a 200 diferentes proteínas. Las proteínas sarcoplásmicas son globulares y forman soluciones altamente viscosas con poca resistencia al corte. Su contribución a la ternura de la carne es mínima (Pomeranz, 1985). Entre las proteínas sarcoplásmicas se incluyen la mioglobina, y las enzimas asociados a la glucólisis, al ciclo del ácido cítrico y a la cadena transportadora de electrones (Price y Schweigert, 1971, Pearson y Young, 1989; Bechtel, 1986).

La mioglobina es la proteína que se encuentra en mayor proporción de la fracción sarcoplásmica. Se caracteriza por ser soluble a baja fuerza iónica y contribuye con un 95% al color rojo del músculo. La proteína tiene un peso molecular de 17 Kd y su contenido puede variar dependiendo del perfil metabólico del músculo, especie, edad de los animales y además del tipo de fibra si es roja, blanca o intermedia. Las fibras rojas e intermedias contienen más mioglobina que las fibras blancas (Forrest *et al.*, 1975; Bechtel, 1986).

Proteínas del Estroma.

La fracción proteica del estroma o tejido conectivo está formada por elastina, reticulina y principalmente colágeno (Forrest *et al.*, 1975). Estas proteínas constituyen de 10 a 15% de la proteína total del músculo esquelético. En el músculo cardíaco se encuentran en mayor proporción que en el esquelético. En conjunto, las proteínas del estroma contribuyen de manera significativa a la dureza del músculo, disminuyen la capacidad emulsificante y retención de agua de la carne debido a su baja solubilidad, lo cual se debe a que tienen un bajo contenido de aminoácidos cargados e hidrofílicos (Pomeranz, 1985; Nuckles *et al.*, 1990).

Propiedades Funcionales de las Proteínas Musculares

Las proteínas son de gran importancia económica para la industria alimentaria. Estos polímeros pueden ser utilizados por sus características nutricionales; sin embargo, lo que determina casi siempre la calidad y el uso de éstas en la elaboración de alimentos son sus propiedades funcionales.

La funcionalidad o propiedades funcionales de las proteínas (PFP) son todas aquellas propiedades físicas y químicas que afectan el comportamiento y las características de un alimento con excepción de las nutricionales durante el procesamiento, almacenamiento, preparación y consumo (Kinsella, 1982; Cheftel *et al.*, 1985).

Estas propiedades dependen en gran parte de factores intrínsecos como: composición de aminoácidos, estructura y conformación, tamaño y forma molecular, distribución de carga, tipos de enlaces intra e intermoleculares, así como también de factores ambientales como: interacciones con otros constituyentes de los alimentos como carbohidratos, lípidos, agua y sales. Además influyen en ellas también el pH, la temperatura, la fuerza iónica,

constante dieléctrica, la concentración y tipo de proteína y el tratamiento previo que sufrió la proteína durante su obtención (Pour-Ei, 1981; Wilding *et al.*, 1984; Fox y Condon, 1982; Kinsella, 1982; Acton y Dick, 1984).

El tipo de propiedad funcional requerido en una proteína o una mezcla de éstas varía según el sistema particular en cuestión. Existen diversas formas para evaluar las PFP. Una de ellas consiste en medir las características físicas y químicas de un producto en el cual se incluye la proteína de interés. Sin embargo, los parámetros medidos en este caso son afectados por diversas variables que resultan difíciles de controlar. Uno de las más importantes es la interacción con otros constituyentes del alimento (Cheftel *et al.*, 1985).

Una alternativa para la medición o prueba de las PFP es el diseño y uso de "sistemas modelo" los cuales consisten en un extracto de proteínas a estudiar. Estos sistemas modelo utilizan condiciones bien definidas y cuidadosamente controladas para simplificar los alimentos complejos y disminuir el efecto de numerosas variables de proceso (McWalters y Cherry, 1981; Cheftel *et al.*, 1985). De esta manera puede ser observado a detalle el comportamiento de las propiedades funcionales de las proteínas que sean de interés. Las proteínas son los principales componentes funcionales y estructurales de carnes procesadas y determinan las características de manejo, textura y apariencia de esos productos (Hermansson *et al.*, 1986). Por esto es importante el conocimiento de las PFP para la utilización de fuentes proteicas no tradicionales y de menor costo en la elaboración de nuevos productos o en el mejoramiento de los existentes (Smith, 1988).

La solubilidad, gelificación, emulsión de grasa y retención de agua, son las PFP musculares más importantes en productos cárnicos procesados y en el desarrollo de nuevos productos (Kinsella, 1982; Regenstein, 1988). Debido a ello y por la relación con el presente estudio, a continuación se describen estas propiedades.

Solubilidad

La solubilidad de las proteínas se define como la cantidad de proteína (%) que se encuentra en solución o dispersión coloidal bajo condiciones específicas. Esta es una de las propiedades de mayor importancia y su determinación puede dar información valiosa sobre el comportamiento de un alimento durante su proceso, ya que determina el desarrollo de otras propiedades funcionales como emulsificación y gelificación (Cheftel *et al.*, 1985; Morrissey *et al.*, 1987).

Factores que Afectan la Solubilidad. La solubilidad de las proteínas está determinada por tres factores principales: a) su grado de hidratación, b) su densidad y distribución de carga a lo largo de la cadena, y c) la presencia y concentración de compuestos no proteicos como, carbohidratos, lípidos y sales que pueden tener un efecto estabilizante. Esta propiedad puede ser modificada cuando se altera alguno de los tres factores anteriores debido a cambios intrínsecos o de las condiciones ambientales (Badui, 1981).

Las sales neutras ejercen efectos muy marcados en la solubilidad de las proteínas. Como se mencionó en el capítulo sobre las proteínas musculares, los tres tipos de proteínas difieren en solubilidad. A baja concentración, las sales incrementan la solubilidad de muchas proteínas, debido a que los cationes y aniones de éstas tienen afinidad por los grupos iónicos provenientes de los aminoácidos ionizables, por lo que evitan la interacción entre moléculas de proteína a través de sus grupos cargados. Al inhibir dicha interacción, se aumenta considerablemente la solubilidad de las proteínas y se produce su solubilización por salado. En el caso opuesto, se considera que las sales en altas concentraciones tienen un efecto deshidratante sobre las proteínas. Este efecto se refleja en que la proteína pierde parte del agua que la rodea y que sirve como agente estabilizante, produciéndose la insolubilización por salado (Badui, 1981; Lehninger, 1982).

La trituración del músculo a fuerza iónica por encima de 0.6 provoca hinchamiento de las fibras musculares (Wilding *et al.*, 1986), depolimerización de la miosina, su extracción y solubilización (Hamm, 1975; 1986).

Stanley *et al.* (1994) sugieren la extracción de las proteínas miofibrilares por medio de un lavado repetido varias veces del músculo con una solución de NaCl de baja fuerza iónica (NaCl 0.025M, histidina 2.5 mM y pH de 7.4). La solubilidad de las proteínas con este método fue mayor que cuando se utiliza una solución de alta fuerza iónica (0.6).

La solubilidad de las proteínas está relacionada con las cargas electrostáticas de los aminoácidos ionizables de la superficie de la proteína. Cada proteína tiene su punto isoeléctrico (PI) característico, es decir, un pH en el cual su carga neta es cero. Cuando las proteínas se encuentran solubilizadas y llegan al PI, pierden su solubilidad y precipitan (Wall y Huebner, 1981). El rango de pH isoeléctrico de las proteínas cárnicas es de 5.1-5.2 (Girard, 1991) y de la actomiosina es de 5.2-5.4 (Acton *et al.*, 1981).

Cuando los valores de pH están por debajo o por encima del punto isoeléctrico, todas las moléculas de proteína poseen cargas eléctricas semejantes, provocando un incremento en su solubilidad. Esto sucede incluso prescindiendo de la concentración de sal. A cualquier concentración de sal la proteína tendrá su mínima solubilidad en el punto isoeléctrico (Fennema, 1985; Lenhinger, 1982).

Los disolventes influyen en la solubilidad de las proteínas. Al añadir solventes orgánicos disminuye la solubilidad de las proteínas, ya que se reduce la constante dieléctrica del medio, es decir, se aumenta la fuerza de atracción entre los iones de las proteínas aumentando la interacción proteína-proteína y disminuyendo la interacción proteína-agua (Badui, 1981; Scopes, 1986). La temperatura también influye en la solubilidad de las proteínas. Dentro de un intervalo limitado, de 0 a 40°C, la solubilidad de la mayoría de las proteínas se

incrementa al aumentar la temperatura; sin embargo, hay algunas excepciones ya que existen algunas proteínas como la caseína beta de la leche que es más soluble a 0 que a 25 °C. La solubilidad de las proteínas miofibrilares disminuye extensamente entre 40 y 60 °C (Badui, 1981; Lehniger, 1982; Fox y Condon, 1982).

Capacidad Emulsificante (CE)

Una emulsión se define como la mezcla de dos líquidos inmiscibles, los cuales se mezclan íntimamente llegando a estar uno de ellos disperso en el otro en forma de pequeñas gotas o glóbulos cuyo diámetro varía entre 0.1 y 15 micras. El líquido que forma las gotas pequeñas se denomina fase dispersa y aquel en el que están dispersas las gotas se denomina fase continua (Pearce y Kinsella, 1977; Forrest *et al.*, 1975; Voyutsky, 1978; Desrosier, 1983).

Si se deja en reposo un corto tiempo, las gotitas dispersas ascienden y se unen para constituir una capa superficial o se depositan en un sedimento, según sea la densidad de ambas fases (Fennema, 1976).

En la emulsificación de alimentos, los líquidos que intervienen son agua y aceite, pudiendo existir dos tipos de emulsiones dependiendo de la fase que se dispersa. En una emulsión aceite en agua (Ac/Ag) el aceite se dispersa en forma de gotas a través de una fase acuosa continua. En el sistema agua en aceite (Ag/Ac) sucede lo inverso. El agua puede estar presente en forma de soluciones de sales, azúcares u otros materiales orgánicos o puede ser parte de una suspensión coloidal; por ejemplo, materiales hidrofílicos. La fase de aceite puede contener grasas, aceites, hidrocarburos, ceras u otros materiales hidrofóbicos (Desrosier, 1983).

Generalmente las emulsiones son inestables, pero es factible favorecer su estabilidad añadiendo una pequeña cantidad, casi siempre inferior al 3%, de una tercera sustancia que se conoce como agente emulsificante o estabilizante, a una

de las fases antes de su formación. Por emulsificante se entiende a un agente tensoactivo que tiene la propiedad de disminuir la tensión superficial entre las moléculas de grasa y de agua formando una barrera física alrededor de cada gotita, con lo que impide su coalescencia (combinación de gotitas para formar gotas grandes) (Forrest *et al.*, 1975; Badui, 1981; Desrosier, 1983).

Una característica que distingue a los agentes emulsificantes es que son moléculas que tienen afinidad tanto por el agua (porción hidrofílica) como por la grasa (porción hidrofóbica). Se satisfacen más estas afinidades cuando el agente emulsificante se dispone entre las dos fases. Si existe cantidad suficiente de agente emulsificante, éste formará una capa continua entre las dos fases ayudando por lo tanto a estabilizar la emulsión al separar las dos fases (Voyutsky, 1978).

Las sustancias que actúan como agentes emulsificantes en las aplicaciones de los alimentos, incluyen proteínas naturales, esteroides y fosfolípidos (Desrosier, 1983). Las proteínas son compuestos con propiedades de superficie activa y algunas pueden participar en la formación y estabilización de emulsiones Ac/Ag (Fennema, 1976).

Según Hamm (1986), las proteínas cármicas se caracterizan por ser excelentes emulsificantes. Por el hecho de presentar forma lineal, las proteínas miofibrilares son mejores emulsificantes que las proteínas sarcoplásmicas (Girard, 1991). Además, ambas tienen mejor efecto emulsificante y estabilizante que las proteínas del estroma (Schuphan, 1970).

Las propiedades fisicoquímicas de la miosina, que le permiten actuar como emulsificante, incluyen (1) una región hidrofóbica, la cual se orienta hacia los glóbulos de grasa, (2) una región hidrofílica que tiene afinidad por la matriz continua y (3) flexibilidad molecular para actuar en la interfase de ambos componentes para bajar la tensión superficial (Jones, 1984). La estabilidad de la

emulsión es mantenida por repulsiones electrostáticas entre las moléculas de miosina cargadas negativamente (Kinsella, 1982).

Durante la preparación de las emulsiones cárnicas, las proteínas miofibrilares son solubilizadas en presencia de sal, aumentando la viscosidad de la matriz continua de proteína, la cual estabiliza la grasa dispersa en las emulsiones crudas (Fennema, 1976; Hamm, 1975; 1986; Wilding *et al.*, 1986).

De las proteínas musculares la miosina es la que presenta mejores propiedades emulsificantes (Galluzo y Regenstein, 1978). Sin embargo, Gazka y Regenstein (1982) reportaron que las proteínas insolubles a alta concentración de sal juegan un papel importante en la formación de emulsiones cárnicas.

Las propiedades emulsificantes comúnmente son expresadas en términos de Capacidad Emulsificante (CE), Estabilidad Emulsificante (EE) y Actividad Emulsificante (AE).

La CE indica la cantidad máxima de aceite, expresada en ml, que es emulsificada bajo condiciones específicas por una cantidad estándar de proteína (Girard, 1991). La CE es una de las pruebas más ampliamente usadas de funcionalidad de proteínas cárnicas. Este método exhibe características similares de una emulsión verdadera como se presenta en un producto cárnico finamente molido (Kinsella, 1976; Hamm, 1973; Van den Oord y Wiser, 1973).

La EE se refiere a la cantidad de aceite y/o grasa separada de una emulsión durante un cierto período de tiempo (Carpenter y Saffle, 1964).

La AE se define como el volumen de aceite necesario para alcanzar el punto de inversión (ruptura de la emulsión) expresado en porcentaje de volumen de la emulsión total (Girard, 1991).

Morrissey *et al.*, (1987) reportaron que la miosina y actomiosina presentaron CE superior a la actina, proteínas sarcoplásmicas, carne intacta y miofibrillas, ambas a pH 6-7.

En otro estudio se encontró una buena correlación entre la solubilidad, hidrofobicidad y el contenido de grupos sulfhidrilo de las proteínas cárnicas solubles en solución salina con las propiedades emulsificantes (Nakai *et al.*, 1986). La hidrofobicidad es una variable estructural usada para predecir la CE y de espumado de proteínas alimentarias (Nakai *et al.*, 1991). Sin embargo, los datos publicados para hidrofobicidad de proteínas frecuentemente son inconsistentes debido a diferencias en los principios de varios métodos empleados generalmente para su medición.

Factores que afectan la Capacidad Emulsificante (CE). La CE se ve afectada por varios factores como: concentración y solubilidad de proteína, pH del medio, la fuerza iónica y la naturaleza de las sales presentes, además de la velocidad de mezclado, método de emulsificación, diseño del equipo, forma del recipiente, tipo de aceite, así como su velocidad de adición y de las interacciones proteína-proteína, proteína-agua y proteína-lípido (Christian y Saffle, 1967; Acton y Saffle, 1972; Schut, 1976; Wang y Kinsella, 1976). De tal manera que, la CE no es únicamente una propiedad de la proteína bajo estudio, sino más bien es una propiedad de todo el sistema de emulsión (Tornberg y Hermansson, 1977).

La relación entre la concentración de proteínas y la CE parece tener un comportamiento lineal. De modo que, la CE aumenta con la concentración de proteína (Girard, 1991).

Acton y Saffle (1972) han constatado que la cantidad de grasa emulsificada, es inversamente proporcional a la temperatura máxima obtenida durante la emulsificación.

La temperatura durante el picado juega un papel decisivo en la estabilidad de las emulsiones cárnicas. Se ha observado la más alta estabilidad a temperaturas finales entre 12 y 16 °C (Schut, 1976). Si la temperatura aumenta por arriba de los 20 °C, se obtiene un producto inestable (Morrissey *et al.*, 1987).

El sobrepicado puede desestabilizar las emulsiones cárnicas por (1) desnaturalización de la miosina debido al calentamiento y corte, (2) ruptura o destrucción de la matriz debido a una fina dispersión de grasa, y (3) licuefacción de la grasa (Lanier, 1985; Lee, 1985).

El calentamiento de las proteínas musculares solubles en solución salina por arriba de 50 °C provoca un incremento en la hidrofobicidad y disminución de la solubilidad, de tal forma que la CE disminuye (Li-Chan *et al.*, 1984). Debido a que la solubilidad indica la cantidad de proteína disponible de un alimento para ejercer funcionalidad, esta viene a ser un factor más importante que la hidrofobicidad para predecir la CE (Nakai y Li-Chan, 1989).

Se ha reportado que la mayoría de los factores que aumentan la CE de las proteínas miofibrilares también mejoran la estabilidad al calor de emulsiones para salchichas (Hamm, 1986).

El cloruro de sodio incrementa la solubilidad de las proteínas miofibrilares, lo cual favorece la CE. Los polifosfatos también mejoran la CE de estas proteínas, debido a que aumentan la velocidad de adsorción de ellas en la interfase aceite/agua, de esa forma, la estructura emulsionada se desarrolla más rápidamente (Girard *et al.*, 1991).

El tratamiento con vacío ha permitido incrementar la CE de extractos de proteínas musculares en sistemas modelo protéico, así como también en las emulsiones cárnicas para salchichas (Tantikamjathep *et al.*, 1983).

En la literatura se han encontrado resultados contradictorios obtenidos del estudio de factores que afectan la estabilidad de las emulsiones cárnicas (Morrissey *et al.*, 1987). Esas diferencias son causadas principalmente por los métodos empleados durante la experimentación (Torneberg y Hermansson, 1977).

Gelificación Térmica

Un gel es un sistema intermedio entre el estado sólido y líquido. Está formado por gruesas moléculas lineares reticuladas por las uniones transversales, formando el conjunto de estas moléculas una red o retículo inmerso en un medio líquido. Por una parte, el líquido impide a la red de gruesas moléculas desmoronarse en una masa compacta, y por otra parte, la red mantiene al líquido y le impide derramarse (Girard, 1991).

La gelificación es un proceso que se realiza en dos etapas: 1) primero se requiere de un desdoblamiento y desnaturalización de las proteínas, seguido por 2) una segunda reacción de asociación gradual para producir una red tridimensional de moléculas que retienen gran cantidad de agua. Debido a que la primera reacción se acelera a altas temperaturas y la segunda a bajas, las características de los geles formados dependerá en gran parte del tratamiento térmico que se aplique (Badui, 1981; Ferry, 1948).

La gelificación térmica de las proteínas musculares es una de las propiedades funcionales más importantes en productos cárnicos (Foegeding, 1988; Smith, 1988; Whiting, 1988) y es responsable de la textura, estabilización de grasa, retención de agua, ligado y apariencia de estos productos (Acton *et al.*, 1983; Hermansson *et al.*, 1986).

De las proteínas musculares, la miosina es la primera que actúa como ligador en productos cárnicos, presentando efectos sinérgicos con la actomiosina y actina (O'Neill *et al.*, 1993; Yasui *et al.*, 1982).

La miosina ha sido usada como una proteína modelo para investigar la gelificación. El proceso general de desarrollo de rigidez en esta proteína inicia entre 40 y 50 °C, incrementando a 60 °C y permaneciendo relativamente constante de 60-70 °C (Wicker *et al.*, 1986; Samejima *et al.*, 1981; Ishioroshi *et al.*, 1983). Durante la gelificación son necesarias las cadenas pesadas de la molécula de miosina para obtener la máxima fuerza de gel, puesto que las

cadenas ligeras de esta molécula son disociadas y solubilizadas durante el calentamiento (Samejima *et al.*, 1984).

La temperatura exacta de transición depende de la fuente de miosina, por ejemplo, pollo, pescado, conejo, etc. (Foegeding, 1988). El mayor incremento de desarrollo de rigidez inicia en el rango de 50-58 °C en los sistemas más complejos de carne de puerco, res, pavo, surimi y salchichas (Foegeding y Ramsey, 1987; Montejano *et al.*, 1984; Patana-Anake y Foegeding, 1985; Samejima *et al.*, 1985). Esto refleja la diferencia de transición de proteínas individuales, variaciones en estabilidad de proteínas miofibrilares entre especies y el efecto de la estructura miofibrilar residual (Foegeding, 1988)

Se ha reportado que las proteínas sarcoplásmicas (Fukazawa *et al.*, 1961; Trautman, 1966) y las proteínas reguladoras, troponina y tropomiosina (Haga y Ohashi; 1982; Samejima *et al.*, 1982) tienen poca influencia sobre la capacidad gelificante de la miosina en sistemas modelo. Según Xiong (1993b), la fuerza de penetración de gel de distintas fracciones de proteínas de pechuga de pollo es diferente y se presenta en el siguiente orden: proteínas solubles en solución salina (1.94 Kg), proteínas miofibrilares (1.28 Kg) y proteínas insolubles (0.78 Kg).

Las propiedades de textura inducidas por calor en sistemas cármicos pueden ser medidas por dos procedimientos diferentes: (1) durante el calentamiento al aplicar pequeñas fuerzas no destructivas para mostrar el desarrollo de una estructura de gel, y (2) las muestras pueden ser calentadas para formar el gel, y enseguida enfriadas para evaluar sus propiedades producidas al destruirse, tales como fuerza al corte y de compresión (Foegeding, 1988).

Factores que afectan la Gelificación Térmica. La gelificación térmica de las proteínas depende de varios factores, por lo cual es esencial que las condiciones de estudio o proceso sean definidas y controladas cuidadosamente.

La contribución de cada proteína a la textura, rigidez, elasticidad, fragilidad y microestructura del gel depende de la especie animal (Dudziak, 1988); tipo de músculo y de fibra muscular (Xiong, 1993a; Fretheim *et al.*, 1986); estado de rigor mortis (Xiong y Brekke, 1991); composición, estructura, forma y concentración de proteína; interacción con otros compuestos proteicos y no proteicos; potencial de hidrógeno (pH), fuerza iónica, agentes reductores, condiciones de calentamiento y temperatura (Cherry, 1981; Fennema, 1976; Foegeding, 1988; Xiong y Blanchard, 1994b). Por esto, las propiedades que pueden ser diseñadas en geles de multicomponentes son casi ilimitadas (Smith, 1991).

Además de los efectos del tamaño, forma y arreglo de la estructura primaria, las características de los geles proteicos son afectadas por entrecruzamiento intra e intercadena. La naturaleza y el grado de entrecruzamiento varía con el tipo de proteína y del medio de gelificación Cherry, (1981).

Existen geles termorreversibles que tienen una gran cantidad de puentes de hidrógeno intermoleculares, mientras que en los geles de proteína unos pocos enlaces disulfuro por cadena de polímero pueden ser suficiente para hacerlos termoirreversibles (Fennema, 1976).

Las propiedades de la red del gel son dependientes del pH (Ziegler y Acton, 1984). Los cambios de pH de las proteínas cármicas pueden alterar la cantidad de proteína extractable y por consiguiente, afectar la gelificación (Foegeding, 1990). La exposición a valores de pH moderadamente altos, seguidos por el reajuste del pH a la neutralidad ha mostrado que mejora la actividad gelificante de las moléculas de proteína. Esta activación está relacionada a un desdoblamiento de las proteínas, la cual es importante para la etapa de iniciación en el proceso de gelificación. Puede también involucrar la activación de grupos sulfhidrilo ocultos, los cuales son importantes para la etapa

de agregación. Sin embargo, una exposición prolongada a valores de pH extremadamente altos, logra suprimir la agregación (Schmidt, 1981).

Xiong y Brekke (1991), reportaron un valor de pH 6.0 para la gelificación óptima de proteínas miofibrilares de pechuga de pollo y 5.5 para las proteínas miofibrilares de pierna. En otro estudio Daum-Thunberg *et al*, (1992) encontraron que los geles de pierna de pavo (pH 6.4) fueron más fuertes en pruebas de compresión y de esfuerzo al corte que los geles de carne de pechuga (pH 5.9). Sin embargo, al ajustar el pH a 6.4, los geles de pechuga presentaron características similares a los de pierna. En cambio, los geles de pierna ajustando el pH a 5.9 se mostraron más fuertes que los de pechuga.

Las proteínas no cárnicas pueden afectar las propiedades gelificantes de las proteínas solubles en solución salina y las características de los productos cárnicos (Oakenfull, 1987; Foegeding, 1988). Las interacciones proteína-proteína son muy importantes durante el proceso de gelificación. Xiong (1992), reportó que las proteínas miofibrilares combinadas de pechuga y pierna de pollo ofrecieron mejores propiedades gelificantes que las de miofibrillas de pierna y pechuga sin combinar.

Según sea el tipo de proteína, se requiere una concentración crítica para la formación de un gel. Además, el tipo de gel varía con la concentración de proteína. Usualmente se requiere una concentración relativamente alta de proteína para la gelificación de proteínas globulares (Cherry, 1981).

Se ha reportado que existe un incremento en la fuerza de gel de actomiosina de conejo al aumentar la concentración de proteína en el rango de 30 a 60 mg/ml y la temperatura de calentamiento de 55 a 75 °C (O'Neill *et al*, 1993). En otro estudio, Foegeding (1990) observó que las emulsiones hechas con carne de pavo sufrieron una disminución de la fuerza de compresión de gel y rendimiento de cocción al bajar la concentración de proteína. Camou *et al*. (1989), y Camou y Sebranek (1991), también reportaron un aumento de fuerza

de gel al aumentar la concentración de proteína en un rango de 10 a 50 mg/ml de un extracto proteico que contenía proteínas miofibrilares y sarcoplásmicas.

Las propiedades físicas, tales como rigidez y fuerza de ruptura de geles de proteína son influenciados por la velocidad de calentamiento y las temperaturas finales de gelificación (Foegeding *et al.*, 1986; Xiong y Brekke, 1991). Al respecto, Foegeding *et al.* (1986) reportaron que bajas velocidades de calentamiento permiten mayores interacciones proteína-proteína para formar un gel más ordenado y fuerte. Saliba *et al.* (1987) encontraron que el calentamiento a baja velocidad incrementa la fuerza al corte y compresión, dureza así como la fracturabilidad de salchichas conteniendo 25% de grasa. En otros estudios, Camou *et al.* (1989), y Camou y Sebranek (1991); publicaron que la fuerza de geles de proteínas, miofibrilares y sarcoplásmicas, disminuye cuando se incrementa la velocidad de calentamiento.

Se ha observado que la sal ejerce un efecto sobre la capacidad gelificante de las proteínas cárnicas. Samejima *et al.* (1985), reportaron que la fuerza de gel de proteínas miofibrilares del músculo *Longissimus dorsi* de res disminuyó al reducir las concentraciones del cloruro de sodio de 0.6M a 0.3 y 0.1M. En otro estudio, O'Neill *et al.* (1994) observaron que al incrementar la concentración de KCl, KF, y/o NaCl de 0.2 a 1.0M, aumentó la fuerza de compresión y cohesividad de geles de actomiosina de conejo.

Por otro lado, se ha observado que las sales divalentes CaCl_2 y MgCl_2 , disminuyen la fuerza de geles de proteínas miofibrilares de pechuga de pollo excepto a bajas concentraciones (< 5 mM). Este efecto se debe a que los cationes divalentes provocan cambios en la extracción e interacción proteína-proteína de las proteínas solubles en solución salina (Xiong y Brekke, 1991).

Los músculos generalmente contienen diferentes tipos de fibras y las propiedades funcionales de proteínas obtenidas de diferentes tipos de fibra muscular pueden diferir (Robe y Xiong, 1992). Bajo condiciones de proceso

similares, las proteínas del músculo blanco generalmente presentan mejores propiedades gelificantes que las del músculo rojo (Asghar *et al.*, 1984; Fretheim *et al.*, 1986; Brekke *et al.*, 1987; Foegeding, 1987; Foegeding *et al.*, 1991; Xiong 1992, 1993a).

Las reacciones de agregación de proteínas son procesos importantes involucrados en la gelificación y ligado de carne durante la producción de alimentos cárnicos reestructurados. Se ha reportado que la adición de tripolifosfato de sodio a las proteínas solubles en solución salina tanto de músculo rojo como de blanco, disminuye la agregación térmica. Esto debido posiblemente a la habilidad del fosfato para mantener las moléculas de proteína en estado soluble (Robe y Xiong, 1994). O'Neill *et al.* (1993) observaron que al añadir ATP o pirofosfato antes del calentamiento, disminuyó la fuerza y cohesividad de geles de actomiosina de conejo .

Capacidad de Retención de Agua (CRA)

Uno de los problemas económicos primordiales que se presenta en la industria cárnica es la pérdida de peso durante el almacenamiento en frío, refrigeración, congelación, descongelación, o cocción de la carne, lo cual está relacionado a la retención de agua dentro del músculo o producto cárnico.

La CRA se define como la capacidad que tiene la carne para retener el agua, tanto propia como añadida, cuando se le somete a un tratamiento o fuerza externa, tales como corte, calentamiento, trituración y prensado (Forrest *et al.*, 1975; Hamm, 1986).

Esta propiedad es de importancia decisiva en la calidad de la carne y productos cárnicos ya que, el rendimiento, firmeza, jugosidad y el color están íntimamente relacionados con esta propiedad (Kotter y Fisher, 1975; Randall y Voiseg, 1977, Hamm, 1986).

Los cambios en CRA son un indicador de variación en las cargas y estructura de las proteínas miofibrilares (Hamm 1973, 1975). Las proteínas miofibrilares influyen en las propiedades culinarias y comerciales de la carne debido a su alta CRA (97% del total) y CE (75-90%) (Pomeranz, 1985).

La CRA de proteínas cármicas puede evaluarse al medir la cantidad de agua que es removida durante el tratamiento térmico, y ésta es generalmente expresada como rendimiento de cocción. Otro método de análisis es mediante la aplicación de algún tipo de fuerza (compresión, fuerza centrífuga) a un gel midiendo la cantidad de fluido liberado (Foegeding, 1988).

Factores que afectan la CRA. La especie, edad, sexo, crianza, tipo de músculo, condiciones y tratamiento de los animales antes del sacrificio, influyen sobre la CRA de las proteínas cármicas. Otros factores físicos y químicos, tales como: pH, cationes divalentes, cambios postmorten, temperatura y adición de sales, así como la metodología y condiciones experimentales también son determinantes (Hamm, 1973; Schut, 1976; Kochner y Foegeding, 1993).

La formación de ácido láctico y la consecuente caída del pH en el período postmortal, son responsables de la reducción del número total de grupos reactivos disponibles de la proteína para ligar agua. Este cambio promueve la desnaturalización y pérdida de solubilidad de las proteínas. La reducción de los grupos reactivos se debe a que el pH se aproxima al punto isoelectrónico de las proteínas musculares (5 a 5.4). Esta influencia del pH se denomina *efecto de carga neta* (Forrest *et al.*, 1975). Se ha reportado que los geles de pierna de pavo con un pH de 6.4 presentaron mejor CRA que los geles de carne de pechuga a un pH de 5.9 (Daum-Thumberg *et al.*, 1992)

La influencia de la sal común (NaCl) sobre la CRA en productos cármicos es relevante (Acton *et al.*, 1983). Por razones de sabor resulta muy limitada esta forma de elevar la CRA (Weinling, 1973). El efecto del cloruro de sodio (NaCl)

sobre la CRA depende del pH del tejido. Esta sal aumenta la CRA a pH mayor al punto isoeléctrico (PI) y la disminuye a valores de pH inferiores al punto isoeléctrico. Alrededor del PI del sistema miofibrilar (pH 5), el NaCl no influye significativamente sobre la CRA (Hamm, 1962).

Se ha reportado que al usar una concentración baja de NaCl, 1.33%, en la fórmula de un producto de carne de res finamente molido, se inició la pérdida de humedad a los 57°C, mientras que a una concentración de 3.73%, se inició a una temperatura de 68°C. También se observó que al aumentar la concentración de sal de 2.93% a 3.73% no se obtuvo diferencia en la CRA del producto (Trout y Schmidt, 1986).

Las sales divalentes afectan la CRA de proteínas cárnicas. Se ha reportado que las sales CaCl_2 y MgCl_2 disminuyen la CRA de geles de proteínas miofibrilares de pechuga de pollo cuando se usan en concentraciones por arriba de 5mM (Xiong y Brekke, 1991).

Los fosfatos incrementan la CRA de la carne ya que favorecen la inhibición de la actomiosina, que es un complejo molecular bastante menos soluble que la actina y miosina (Weinling, 1973). De los diferentes polifosfatos usados en productos cárnicos, el difosfato y trifosfato aumentan la CRA de la mayoría de los productos cárnicos; lo cual se logra al usar un nivel de 0.5% (Hamm, 1986).

La CRA de las proteínas depende de su concentración, así como también, de la posible alteración que éstas presenten. Por ejemplo, se ha reportado que a mayor concentración de proteína es mayor la CRA y que los geles de proteínas provenientes de cerdos con condición pálida, suave y exudativa (PSE) retienen 15% menos agua que las de cerdos normales (Camou y Sebranek, 1990). Los mismos autores no encontraron cambios en la CRA a diferentes velocidades de calentamiento de geles de proteínas (miofibrilares y sarcoplásmicas).

Según el tipo de fibra muscular, difiere la CRA. Fretheim *et al.* (1986), encontraron que la miosina del músculo blanco de res presentó más alta CRA,

mayor susceptibilidad a la tripsina y solubilidad a $\text{pH} < 5.7$ que la miosina del músculo rojo. Esas propiedades fueron atribuidas a la presencia de isoformas de miosina en diferentes fibras musculares.

La disminución del nivel de grasa (Puolanne y Turkki, 1984) o de NaCl (Sofos, 1983) baja la CRA de productos cárnicos. Además, esas reducciones, pueden cambiar la temperatura óptima del proceso térmico del producto.

En estado pre-rigor, la carne posee una elevada CRA (Girard, 1991; Bechtel, 1986). Las pastas finas elaboradas con este tipo de carne son de alta calidad y las pérdidas en peso durante el ahumado y escaldado son mínimas.

Propiedades Funcionales de Proteínas de Subproductos Cárnicos

Las vísceras presentan valor nutritivo similar al de la carne, de tal forma estos subproductos representan alimentos de buen aporte nutricional y de menor costo que la carne (Niinivaara y Anttila, 1973). Sin embargo, los subproductos cárnicos muchas veces son rechazados por sus características sensoriales o por las diferencias en los hábitos alimenticios y culturales por región.

El hígado, corazón y estómago entre otras vísceras, pueden ser utilizadas en la formulación de productos cárnicos con la finalidad de disminuir los costos de producción. Sin embargo, es muy limitada la información que se conoce sobre las PFP de éstos subproductos cárnicos (Nuckles *et al.*, 1990, Smith, 1991).

Solubilidad

Se ha reportado que el contenido de proteína soluble a alta fuerza iónica fue igual entre el corazón y bazo de res, habiendo superado al hígado de puerco y al pulmón de puerco y res. El hígado de puerco mostró el mayor porcentaje de proteína soluble a baja fuerza iónica y el corazón de res presentó el menor

contenido. Las diferencias se atribuyen a que el contenido de proteína total entre estos órganos no fue igual (Nuckles *et al.*, 1990).

En una investigación más reciente se elaboró surimi de corazón de res. Se observó que el lavado redujo la hidrofobicidad superficial, disminuyó el contenido de enlaces disulfuro e incrementó los grupos sulfhidrilos libres. Se presentó un incremento en la firmeza de la pasta obtenida, la cual fue utilizada para mantener el color de un producto reestructurado, pero tendió a incrementar la oxidación de los lípidos (Kenney *et al.*, 1992).

Capacidad Emulsificante (CE)

Aparte de sus cualidades saborizantes, el hígado crudo tiene la función de emulsificar y estabilizar gran cantidad de grasa que en algunos casos se encuentra presente en productos tipo emulsión (Fischer, 1982)). En un estudio comparativo se observó que el hígado de puerco presentó mejor CE que el corazón de res, pulmón de res y pulmón de puerco (Nuckles *et al.*, 1990).

Se ha reportado que la CE del músculo esquelético (pierna) y la carne de cabeza de búfalo con valores de 128.75 y 134.25 ml de aceite emulsificado/2.5g de carne resultó significativamente mayor que el estómago y el corazón con valores de 103.25 y 101.25 respectivamente (Kondaiah *et al.*, 1986).

En otro caso, se elaboraron salchichas de carne de búfalo usando una combinación de 80% de componentes cárnicos (70% de músculo esquelético y 30% de corazón y rumen en partes iguales) y el 20% restante de grasa dorsal de cerdo. La emulsión presentó una alta estabilidad (0.87 ml de grasa liberada/100g de emulsión), bajas pérdidas por cocción y el producto tuvo buena aceptación sensorial (Krishnam y Sarma, 1989).

Kondaiah y Panda (1988) diseñaron tres fórmulas diferentes para evaluar la calidad de salchichas de pollo que contenían: (1) carne deshuesada, (2) carne deshuesada más piel, vejiga, corazón y carne cocida y (3) carne deshuesada

más piel, vejiga y corazón. Encontraron que con la mezcla (1) se obtuvo la mejor estabilidad de la emulsión seguida por (2) y (3). Las pérdidas por cocción fueron menores al 6% en las tres formulaciones y el sabor menos aceptable lo presentó la fórmula (2).

Ibarra *et al.* (1985) elaboraron una emulsión de hígado, riñón y bazo de cerdo, la cual presentó alta estabilidad. Estos autores midieron la estabilidad de una emulsión hecha de corazón y estómago de cerdo, que presentó un comportamiento similar a aquella elaborada con carne magra de cerdo.

En otro estudio, Nuckles *et al.* (1990) encontraron que la estabilidad de un emulsión cármica formada de una relación 50:50 (en base al contenido de proteína) de carne de pollo mecánicamente deshuesada y subproductos (pulmón e hígado de puerco y pulmón, bazo y corazón de res), resultó correlacionada positivamente con la cantidad de proteína soluble a alta fuerza iónica. La composición de este sistema fué: 56% de humedad, 30% de grasa, 12% de proteína y 2% de sal.

Capacidad Gelificante

La mayoría de las investigaciones sobre PFP de subproductos cármicos han sido encaminadas a estudiar la CE, y es poco el conocimiento que se tiene sobre la gelificación de estas proteínas (Smith, 1991).

El corazón presenta un alto contenido de hierro y proteínas con grupos hemo y ácidos grasos poliinsaturados, por lo que es muy susceptible a la oxidación, disminuyendo de este modo sus propiedades funcionales. Sin embargo, este problema se puede disminuir mediante el uso de agentes antioxidantes. Xiong *et al.* (1993) y Wan *et al.* (1993) observaron un incremento en la fuerza de gel de miofibrillas aisladas de corazón de res cuando se utiliza galato de propilo, ascorbato de sodio y tripolifosfato de sodio.

Nuckles *et al.* (1991) reportaron que las proteínas miofibrilares de bazo, pulmón, corazón y músculo semitendinoso de res formaron geles cuya fuerza de deformación fue 6.8, 7.2, 9.2 y 12.4 Kgf respectivamente.

Capacidad de Retención de Agua

Se han reportado diferencias en la CRA de las proteínas de diversos subproductos cárnicos y el músculo esquelético de búfalo. En un estudio de Kondaiah *et al.*, (1986) se obtuvo que el estómago y la carne de cabeza de búfalo presentaron una CRA de 20.30 y 33.60 ml de agua/100 g de muestra respectivamente, siendo menores para la carne de pierna y el corazón de la misma especie con valores de 1.64 y -17.43 respectivamente.

Mawson y Schmidt (1983) reportaron que al añadir 0.4% de tripolifosfato de sodio a homogenizados tanto de corazón como de músculo esquelético de res mejoraron su CRA durante la cocción. El músculo liso (rumen) presentó la menor CRA, y no fue afectado por la adición de tripolifosfato.

En diferentes fuentes de información se encontró que son pocas las investigaciones realizadas para evaluar el comportamiento funcional de las proteínas de vísceras. En su mayoría se han encaminado a usarlas como ingredientes en una fórmula cárnica, de tal manera que no se esclarece específicamente su funcionalidad por las diferentes interacciones posibles al incluirlas en un producto cárnico.

MATERIALES Y METODOS

Material Cárnico

Los materiales cárnicos empleados en este estudio fueron: vísceras (hígado, corazón y estómago) y pierna (músculo semitendinoso o pulpa larga) de puerco y res. Las vísceras y pierna se adquirieron directamente en los rastros tipo TIF, Frigorífica Agropecuaria S.A. de C.V. (grupo ALPRO) y en Empresas VALMO, localizados en Hermosillo, Sonora durante el período comprendido entre los meses de Abril y Septiembre de 1994.

Métodos

En la Figura 2 se presenta el diagrama de flujo del desarrollo del experimento.

Preparación de la muestra

Las vísceras fueron muestreadas al azar inmediatamente después del sacrificio de los animales en los rastros mencionados anteriormente . El músculo semitendinoso de la pierna fue obtenido 24 h después de la matanza en dichos rastros. Se colocaron las muestras en hielo y se llevaron inmediatamente al Laboratorio de Tecnología de la Carne del Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo (Hermosillo, Sonora México) donde fueron lavadas adecuadamente con agua de la llave y se retiró la mayor cantidad de grasa, vasos sanguíneos y tejido conectivo. Una vez que las muestras fueron limpiadas

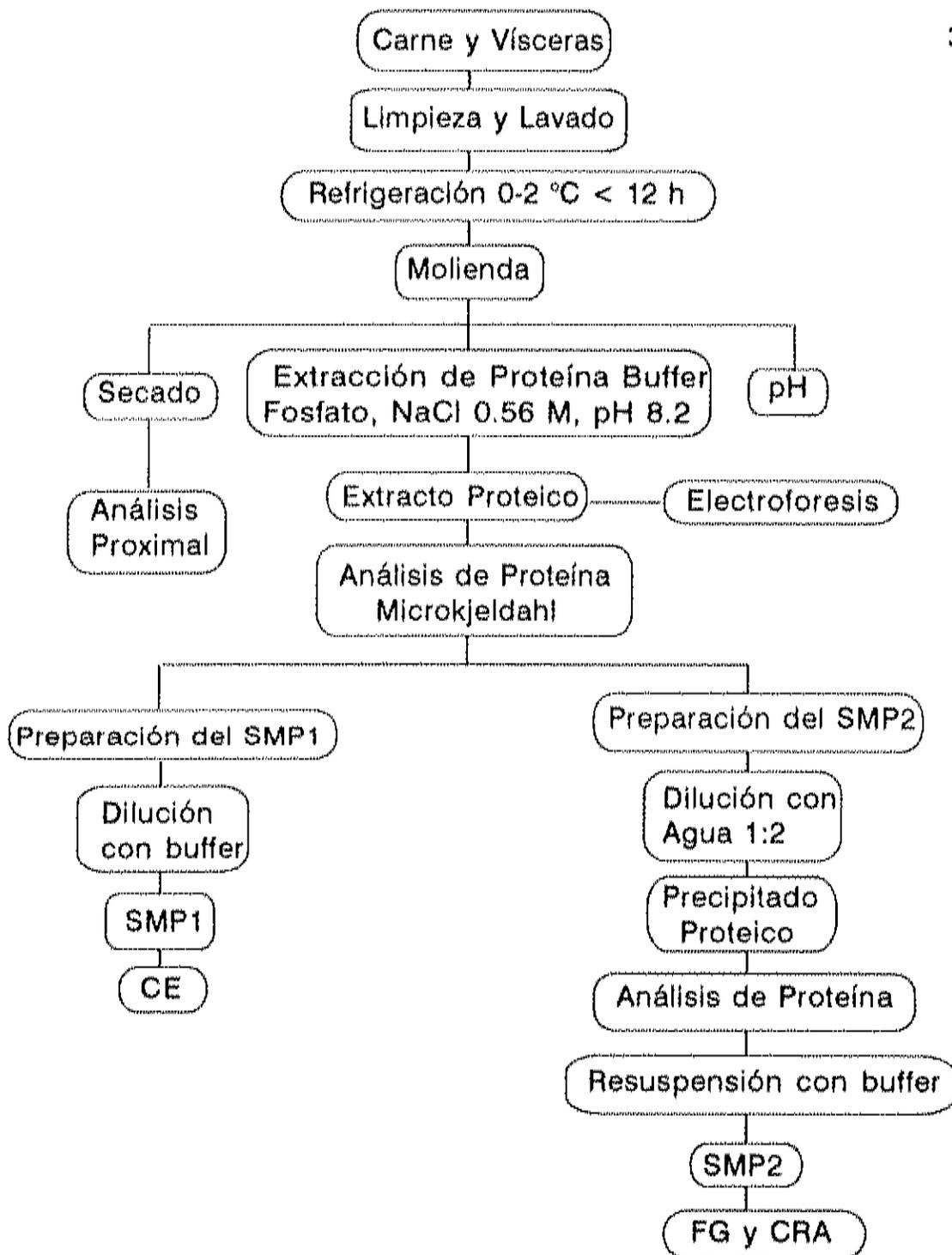


Figura 2. Desarrollo experimental

se mantuvieron a temperatura de 0 a 2°C por menos de 12 h. Enseguida, se molieron las muestras de hígado, corazón y el músculo semitendinoso de ambas especies en un procesador de alimentos Dual Speed Food Processor, Modelo 702-7, (Hamilton Beach Inc., USA). Debido a su dureza, las muestras de estómago de ambas especies, fueron molidas en un molino Marca Hobart, Modelo 4152, (Troy Ohio), usando un plato de 3/16". Una parte de las muestras molidas fueron separadas para la determinación de humedad y potencial de hidrógeno (pH). Aproximadamente 100 g de muestra fue deshidratada y almacenada en recipientes de plástico a temperatura ambiente promedio de 23°C. Esta muestra seca fue utilizada para determinar la composición proximal.

Medición del Potencial de Hidrógeno (pH)

Se midió el pH a una mezcla de 10 g de muestra con 100 ml de agua bidestilada con agitación por 5 minutos, mediante un Potenciómetro Beckman Mod. 50 (Beckman Instruments Inc. Fullerton, CA). Todas las determinaciones se hicieron por triplicado (AOAC, 1984).

Extracción de Proteínas

Para la extracción de proteínas solubles en solución salina se usó el método descrito por Camou y Sebranek (1990). Este consiste en mezclar una parte de carne o vísceras molidas con 2.2 partes de una solución compuesta de cloruro de sodio (NaCl) 0.56 M, tripolifosfato de sodio ($\text{Na}_5\text{P}_3\text{O}_{10}$) 17.8 mM; y azida de sodio (NaN_3) 1 mM. Esta solución salina presenta un pH de 8.2 y se mantiene a una temperatura de 1°C. Para hacer la mezcla u homogenizado de las muestras de hígado, corazón y el músculo semitendinoso de las dos especies se utilizó una licuadora marca Osterizer, Mod. 855-50 (Sumbeam Mexicana, Tlanepantla Edo. de México), y en el caso de las muestras de estómago de ambas especies se usó una licuadora Waring Commercial Blender, Blendor CB-A

Modelo 34BL22, (Dinamics Corporation of America, New Hartford, Connecticut). Para ambos casos se usó la máxima velocidad de homogenizado durante 30 segundos. Enseguida se colocaron las muestras en un refrigerador a 1°C por 1 hora para permitir la extracción de las proteínas solubles. El tiempo de extracción fue establecido en un estudio preliminar donde se observó que no se presentaron diferencias en solubilidad de proteína para cada una de las vísceras a 1, 6, 12 y 24 h de extracción. Posteriormente se centrifugó la mezcla en una centrífuga refrigerada Beckman Modelo J2-21 (Beckman Instruments Inc. Palo Alto, CA) a 12,800 x g durante una hora y a una temperatura de 0 a 2 °C. El extracto de proteínas (miofibrilares y sarcoplásmicas) fue separado del residuo y filtrado en una tela o gasa e inmediatamente se guardó en una cámara de refrigeración a 1°C para su uso posterior.

Determinación de Proteínas

Al extracto proteico obtenido se le determinó la concentración de proteína soluble (Fig 2) de acuerdo a el método microKjeldahl (AOAC, 1990) utilizando un equipo de digestión y destilación marca LABCONCO. Para determinar la confiabilidad del método se usó un estándar comercial de salvado de trigo (Bran Wheat, AACC Certified Hard Red, General Mills, Inc. Minneapolis, Minnesota 55427). El contenido de proteína como porcentaje en peso se obtuvo al multiplicar el valor del nitrógeno total por el factor 6.25 (Pearson y Tauber, 1984).

Sistemas Modelo Proteicos

Los objetivos del presente trabajo fueron estudiados mediante el uso de sistemas modelos proteicos en donde se controlaron los porcentajes de proteína. Estos sistemas modelo proteico se diseñaron como una aproximación simplificada para el estudio del comportamiento de las proteínas cárnicas durante la elaboración de embutidos. En base a ésto, se plantearon dos sistema modelo

proteico que se describen a continuación según la propiedad o propiedades en estudio.

Preparación del Sistema Modelo Proteico 1 (SMP1). Este modelo se elaboró dependiendo del contenido de proteína de los extractos obtenidos. Cada uno de los extractos se diluyó en la solución salina de extracción antes descrita hasta tener 3mg de proteína/ml de solución, a dicha solución proteica se le llamó Sistema Modelo Proteico 1 (SMP1). Este sistema fue usado para determinar la Capacidad Emulsificante (CE) de las proteínas de la pierna y vísceras de cada especie animal en estudio.

Precipitación de Proteínas. El extracto proteico fue concentrado mediante una precipitación al disminuir su fuerza iónica agregando agua bidestilada (Figura 2). Esta concentración proteica se requirió porque los extractos provenientes del estómago de puerco y res presentaron un contenido bajo de proteína: alrededor de 1.9 y 1.97 g/100 g de extracto, respectivamente. Además, en el estudio preliminar se observó que los geles elaborados con esos extractos bajos en proteína no presentaban gelificación. La precipitación se realizó mezclando cada uno de los extractos de proteína con agua bidestilada en una proporción 1:2 de extracto y agua respectivamente. La mezcla fue centrifugada por 30 min en el equipo usado para la extracción proteica a la misma velocidad y temperatura del proceso de extracción. Los precipitados de proteína obtenidos fueron separados y guardados en refrigeración a 1°C para posteriormente determinarles el contenido de proteína por el método de microKjeldahl.

Preparación del Sistema Modelo Proteico 2 (SMP2). Una vez conocida la concentración de proteína de los precipitados, se hicieron las diluciones correspondientes con la solución salina para tener una concentración de proteína

de 3g/100g de mezcla, a lo que se llamó Sistema Modelo Proteico 2 (SMP2). Este sistema fue utilizado para evaluar la Capacidad de Gelificación (CG) y Capacidad de Retención de Agua (CRA) de las proteínas de pierna y vísceras de puerco y res.

Electroforesis en Condiciones Desnaturalizantes

Para determinar los pesos moleculares de las proteínas de los extractos y confirmar la presencia de las proteínas musculares solubles en solución salina, se usó electroforesis vertical en gel de poliacrilamida al 12% en condiciones desnaturalizantes y reductoras de acuerdo a Laemmli (1970). La cantidad de proteína inyectada de cada una de los extractos fue de 70 microgramos. La electroforesis se realizó a corriente constante de 18 mA y 80 Volts, durante 2 h en una cámara modelo SE200 Hoefer, con fuente de poder modelo PS 500X-HSI (Hoefer Scientific Instruments, San Francisco, Cal.) El gel fue teñido por 24 h en solución de azul de coomassie R250 al 0.125%, destiñéndose después en solución de 50% metanol-10% ácido acético y almacenado en solución de 7% ácido acético-5% metanol siguiendo la técnica reportada por Clements (1990).

Los pesos moleculares se determinaron al relacionarlos con un estándar conocido de amplio rango: Miosina 200 kDa de PM, β -Galactosidasa 116.2 kDa, Fosforilasa b 97.4 kDa, Albúmina de suero de bovino 66.2 kDa, Ovoalbúmina 45.0 kDa, Anhidrasa carbónica 31 kDa, Inhibidor de tripsina 21.5 kDa, Lisosima 14.4 kDa y Aprotinina 6.5 kDa (Bio-Rad Laboratories, Hercules, CA).

Tratamiento Térmico para Gelificación

El tratamiento térmico se empleó para efectuar la gelificación de las proteínas de vísceras y del músculo esquelético contenidas en el SMP2. Este tratamiento se llevó a cabo según la técnica descrita por Camou y Sebranek (1990). El SMP2 fue agitado por 10 min en una parrilla de agitación magnética

y enseguida se colocaron 30 g de este sistema modelo en vasos de precipitado de 100 ml. Se taparon los vasos con papel aluminio para evitar la evaporación durante el calentamiento. Las muestras se dejaron en reposo por 30 min a temperatura ambiente, 23°C promedio, antes del calentamiento para estabilizar su temperatura. Enseguida se colocaron los vasos así preparados en un baño de agua Shaker Bath, Mod. 3540 (Lab-Line Instruments Inc. Melrose Park Il. 60160). El calentamiento se realizó con una velocidad promedio de 1.5°C/min. Este calentamiento se suspendió cuando las muestras alcanzaron una temperatura final de 70°C. Los vasos fueron removidos del baño y colocados en hielo para ser almacenados en refrigeración a +1°C durante toda la noche a fin de estabilizar los geles elaborados.

Medición de la Fuerza de Gel

A los geles obtenidos en cada SMP2 (pierna y vísceras de puerco y res) se les midió su fuerza de gel mediante el método de compresión extrusión (Bourne, 1982; Camou y Sebranek, 1990). Esta compresión se efectuó en un Texturómetro Universal Instron Mod. 1132 (Instron Corp. Canton, MA), con una celda de carga de 50 Kg, un émbolo de 35 mm de diámetro y una velocidad de cabezal constante de 100 mm/min. Se realizó sólo una compresión del gel y ésta es una modificación al método de los mismos autores. El gel de proteína se comprimió hasta el 80% de su altura original en el vaso de 45 mm de diámetro y la fuerza de gel fue registrada en Kgf. Antes de proceder a la compresión de cada gel, se desprendió cuidadosamente del vaso con una espátula para tratar de evitar la influencia del recipiente en la medición.

Medición de la Capacidad de Retención de Agua (CRA) del Gel

Para medir la CRA de los geles de proteína se usó la técnica descrita por Camou y Sebranek (1990). Una vez medida la fuerza de los geles, éstos fueron

transferidos a tubos de 29x104 mm marca Brockman (Beckman Instrument Inc., Palo Alto, CA) y centrifugados a una velocidad de 12,000 x g por 15 min y temperatura de 0 a 2°C (centrífuga refrigerada citada anteriormente). Esta velocidad de centrifugación es una modificación a la técnica de Camou y Sebranek (1990). La centrifugación tuvo la finalidad de separar el agua liberada del gel durante la compresión en el Instron. El residuo fue pesado y la CRA de los geles se midió indirectamente al cuantificar la pérdida de líquido expresado en porciento en base a los 30 g del SMP2.

Capacidad de Emulsificación (CE)

Para determinar la CE de las proteínas solubles de las vísceras y músculo semitendinoso contenidas en los Sistemas Modelos Proteicos 1 (SMP1) se utilizó la técnica descrita por (Maurer *et al.*, 1969) a la que se le hicieron modificaciones. El equipo de mezcla fue una licuadora de cinco velocidades marca Osterizer, Mod. 855-50 (Sunbeam Mexicana, Tlanepantla Edo. de México). Se colocaron 50 ml del SMP1 en el vaso de la licuadora. La solución fue mezclada a la velocidad más baja y simultáneamente se añadió aceite de maíz marca Mazola por medio de un embudo de separación a una velocidad de 1.1 ml por segundo. En este paso se formó una emulsión y se continuó con la adición de aceite y el mezclado hasta su rompimiento. Se suspendió la adición del aceite al observarse un cambio brusco en la viscosidad y al presentarse la separación de las fases de la solución de proteínas y el aceite al momento de romperse la emulsión. Las emulsiones se produjeron a una temperatura promedio de 14°C y la CE se expresó como ml de aceite emulsificados por cada 100 mg de proteína del SMP1.

Análisis Químico Proximal

Este análisis se efectuó a la materia prima: vísceras y músculo semitendinoso, utilizada para los extractos proteicos.

Proteína Total. Esta determinación se hizo con la misma técnica empleada para conocer el porcentaje de proteína de los extractos de proteínas solubles en solución salina, de acuerdo a el método microKjeldahl (AOAC, 1990).

Grasa. La determinación de grasa o extracto etéreo se realizó por extracción con éter etílico anhidro utilizando la técnica de A.O.A.C. (1990) con un aparato Goldfich marca LABCONCO.

Humedad. Se determinó el contenido de humedad de las muestras siguiendo la técnica de A.O.A.C. (1990).

Cenizas. La fracción inorgánica se determinó según la técnica de A.O.A.C. (1990), en una mufla marca Thermolyne Sybron tipo 30400 a 550 °C durante 5h.

Diseño Experimental y Análisis Estadístico

El diseño experimental utilizado fue de un factor completamente al azar. La evaluación de la funcionalidad y electroforesis se realizó en tres repeticiones del experimento. El análisis proximal se efectuó en dos repeticiones y en cada una, las mediciones se hicieron por triplicado. Los resultados obtenidos fueron analizados mediante ANDEVA de un Camino. Cuando se presentó diferencia significativa, se usó la comparación de medias de Múltiple Rango de Tukey con un nivel de significancia de 0.05. El análisis se hizo con el programa Statgraphics (Statistical Graphics System) versión 4.2 (1985-1989).

RESULTADOS Y DISCUSION

Composición Proximal

Los resultados de la composición proximal de las vísceras y músculo semitendinoso de puerco y res se presentan en el Cuadro 1. El contenido de humedad fue diferente entre las vísceras y el músculo semitendinoso, así como entre las dos especies estudiadas ($p < 0.05$) con excepción del hígado ($p > 0.05$). El corazón y estómago de puerco presentaron los contenidos de humedad más elevados: 79.3 y 80.7% respectivamente. El valor más pequeño lo obtuvo el hígado en ambas especies con un promedio de 71%.

El hígado y el músculo semitendinoso de las dos especies estudiadas tuvieron el mayor contenido de proteína y fue igual entre sí ($p > 0.05$), mientras que el menor contenido proteico lo presentó el estómago; sin presentarse diferencia entre ambas especies ($p > 0.05$). El corazón de las dos especies estudiadas no mostró diferencia en el porcentaje de proteína con un promedio de 16.9% ($p > 0.05$).

El porcentaje de grasa fue diferente entre las vísceras y el músculo, así como también, entre ambas especies ($p < 0.05$). El estómago de res superó en contenido de grasa (12.2%) a las demás muestras en estudio. El valor más pequeño de este componente lo presentaron el corazón e hígado de puerco (1.7%); sin embargo, estos fueron iguales ($p > 0.05$) al músculo semitendinoso de puerco y al corazón de res con un valor promedio de (2.4%).

El contenido de cenizas fue diferente entre las vísceras y el músculo semitendinoso ($p < 0.05$). El corazón y el músculo semitendinoso no presentaron

Cuadro 1. Composición Proximal de Vísceras y Músculo Semitendinoso de Puerco y Res.

Material Cárnico	Humedad (%)	Proteína (%)	Grasa (%)	Cenizas (%)
Puerco				
Hígado	70.6±0.1g	20.3±0.1a	1.7±0.3e	1.5±0.1a
Corazón	79.3±0.2b	16.7±0.7c	1.8±0.2e	1.1±0.0dc
Estómago	80.7±0.5a	12.0±0.1d	5.4±0.7b	0.6±0.0f
Semitendinoso	76.0±0.1d	19.4±1.4ab	2.3±0.5de	1.1±0.0dc
Res				
Hígado	71.4±1.0g	20.8±0.9a	3.4±0.6dc	1.2±0.1b
Corazón	77.6±0.1c	17.1±0.4bc	2.5±0.1de	1.1±0.1c
Estómago	74.2±0.3e	11.5±1.1d	12.2±1.3a	0.7±0.0e
Semitendinoso	72.9±0.3f	21.0±0.5a	4.1±0.7c	1.0±0.1d

Promedios en cada columna con diferente letra presentan diferencia significativa ($p < 0.05$), $n = 2$.

diferencia por especie ($p>0.05$). Por el contrario, los resultados obtenidos para el hígado y estómago fueron distintos entre las dos especies estudiadas ($p<0.05$). Los valores más altos de la fracción inorgánica correspondieron al hígado y los más pequeños para el estómago en ambas especies con valores promedios de 1.3 y 0.6% respectivamente. Los resultados de cenizas obtenidos para el músculo esquelético coinciden con los reportados por Forrest *et al.* (1975).

La composición del hígado de puerco fue similar a la reportada por Nuckles *et al.* (1990). Los mismos autores obtuvieron 17.5% de grasa para el corazón de res, el cual difiere con el obtenido en este estudio 2.5%. Esta diferencia es debida a que la muestra que ellos analizaron incluyó la capa grasosa que cubre al corazón y en el presente estudio ésta se eliminó.

Existen resultados en la literatura del contenido de proteína del corazón e hígado de ambas especies que coinciden con los resultados de este estudio (Borton *et al.*, 1968; Swingler y Lawrie, 1979; Wiley *et al.*, 1979; Fisher y Bander, 1980). También se encontró que el porcentaje de proteína de estómago de res es parecido al reportado por Swingler y Lawrie (1979) para el rumen de esta especie.

Potencial de Hidrógeno (pH)

Los valores de pH de las vísceras y músculo semitendinoso de puerco y res se presentan en el Cuadro 2. Este parámetro resultó diferente entre las vísceras y el músculo esquelético ($p<0.05$). El hígado y corazón no presentaron diferencia en el valor de pH entre especies ($p>0.05$), mientras que el estómago y el músculo semitendinoso mostraron valores que fueron diferentes entre las dos especies estudiadas ($p<0.05$).

Cuadro 2. Valores de pH de Vísceras y Músculo Semitendinoso de Puerco y Res.

Material Cárnico	pH
Puerco	
Hígado	6.4±0.1c
Corazón	6.1±0.1d
Estómago	6.6±0.0b
Semitendinoso	6.1±0.1d
Res	
Hígado	6.4±0.1c
Corazón	6.0±0.1d
Estómago	6.8±0.2
Semitendinoso	5.6±0.0e

Promedios con diferente letra presentan diferencia significativa ($p < 0.05$), $n = 3$.

Según Forrest *et al.* (1975) el pH de la pierna de puerco normalmente es de 5.6-5.7; sin embargo, pueden presentarse valores hasta de 6.5, el cual concuerda con el valor obtenido en este estudio.

Contenido de Proteína Soluble

Contenido de Proteína en los Extractos (PE)

Los valores de proteína soluble en solución salina de vísceras y músculo semitendinoso de puerco determinada en los extractos se muestran en el Cuadro 3. El porcentaje de PE (g/100g de extracto) de las vísceras y el músculo semitendinoso de puerco fue diferente entre sí ($p < 0.05$). El hígado (5.1%) superó a las otras vísceras y fué igual ($p > 0.05$) al músculo esquelético (4.8%). La muestra con menos PE fue el estómago (2%).

El hígado de puerco presentó un valor de PE superior a lo reportado por Nuckles *et al.* (1990), debido a que estos autores sólo analizaron la fracción soluble a alta fuerza iónica y el extracto de proteínas usado en el presente estudio comprendió una mezcla de proteínas miofibrilares y sarcoplásmicas. Camou y Sebranek (1990) reportaron un rango de PE de 48 a 54 mg/ml para el músculo semimembranoso de puerco, que comprende al resultado obtenido en este estudio para el músculo semitendinoso.

La PE de vísceras y músculo semitendinoso de res se presenta en el Cuadro 4. En este caso también se obtuvieron resultados de PE diferentes entre las vísceras y el músculo semitendinoso ($p < 0.05$). El hígado y la pierna (4.3 y 4.5% de PE), resultaron iguales ($p > 0.05$) y superaron al corazón y estómago, cuyos valores fueron 3.2 y 1.9% respectivamente.

El corazón de res presentó un valor de PE similar al obtenido por Nuckles *et al.* (1990). Sin embargo, el resultado del músculo esquelético reportado

Cuadro 3. Contenido de Proteína Soluble (g/100g de extracto) de Vísceras y Músculo Semitendinoso de Puerco.

Material Cárnico	Proteína (%)
Hígado	5.1 ± 0.3a
Corazón	3.1 ± 0.1b
Estómago	2.0 ± 0.1c
Semitendinoso	4.8 ± 0.1a

Promedios con diferente letra presentan diferencia significativa ($p < 0.05$), $n = 3$.

Cuadro 4. Contenido de Proteína Soluble (g/100g de extracto) de Vísceras y Músculo Semitendinoso de Res.

Material Cárnico	Proteína (%)
Hígado	4.3±0.5a
Corazón	3.2±0.2b
Estómago	1.9±0.2c
Semitendinoso	4.5±0.4a

Promedios con diferente letra presentan diferencia significativa ($p < 0.05$), $n=3$.

por los mismos autores para las proteínas solubles a alta fuerza iónica fue dos veces el porcentaje de PE obtenido en este estudio.

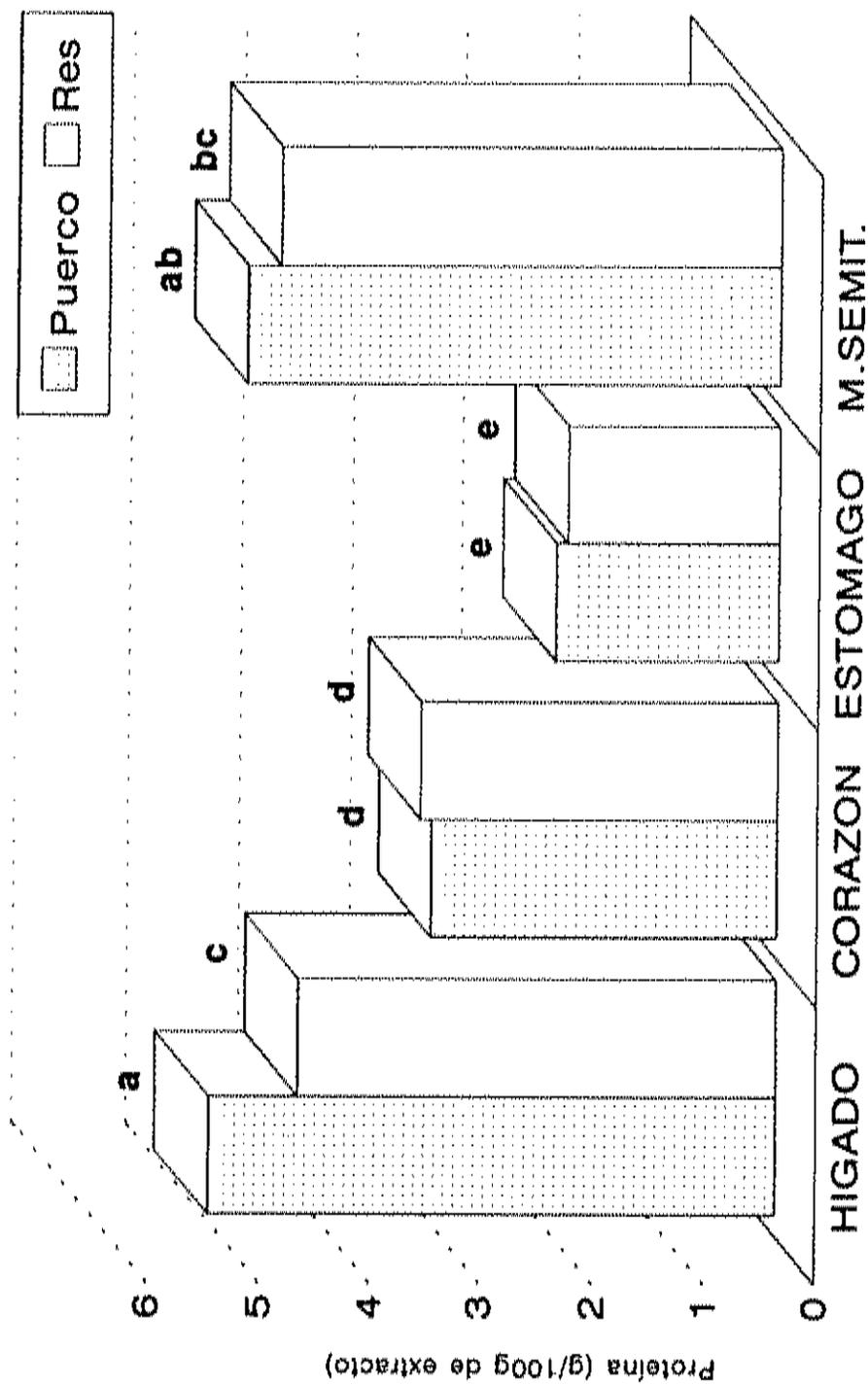
En la Figura 3 se muestran los resultados de PE presentados anteriormente en los Cuadros 3 y 4, en la cual se hace la comparación de PE entre las dos especies. Como se puede observar, no se presentó diferencia en el contenido de PE del estómago de ambas especies obteniendo el menor porcentaje ($p>0.05$). El corazón de puerco y res también presentaron igual contenido de esta fracción proteica ($p>0.05$). El hígado de puerco fue la víscera que presentó más proteína soluble que las demás muestras en estudio y resultó diferente ($p<0.05$) al hígado y pierna de res.

Contenido de Proteína en los Precipitados (PP)

Al aumentar la concentración de proteínas por precipitación se obtuvieron resultados iguales ($p>0.05$) para el hígado, corazón y músculo esquelético de puerco: 6.9, 7.3 y 6.6 g de proteína /100 g de precipitado respectivamente (Cuadro 5). El único diferente a todos fue el estómago ($p>0.05$) con un promedio de proteína de 4%.

Las vísceras y músculo semitendinoso de res presentaron un comportamiento similar en contenido de PP (Cuadro 6) a las muestras de puerco. Se observa que el hígado, corazón y músculo esquelético resultaron iguales entre sí ($p>0.05$) y diferentes al estómago ($p<0.05$).

En la Figura 4 se hace la comparación entre las dos especies del contenido de PP. En esta figura se observa que no existió diferencia significativa ($p>0.05$) entre el hígado, corazón y el músculo esquelético de ambas especies con un promedio de 6.87 g de proteína/ 100 g de precipitado. El estómago de puerco y res no mostró diferencia ($p>0.05$) en su contenido de proteína soluble en los precipitados (PP). Sin embargo, éste presentó un 37% menos de PP que las demás vísceras y el músculo semitendinoso de ambas especies. Esto se



Letras diferentes indican diferencia significativa ($p < 0.05$).

Figura 3. Contenido de Proteína Soluble de Vísceras y Músculo Semitendinoso de Puero y Res.

Cuadro 5. Contenido de Proteína en los Precipitados (g/100g de ppdo) de Vísceras y Músculo Semitendinoso de Puerco.

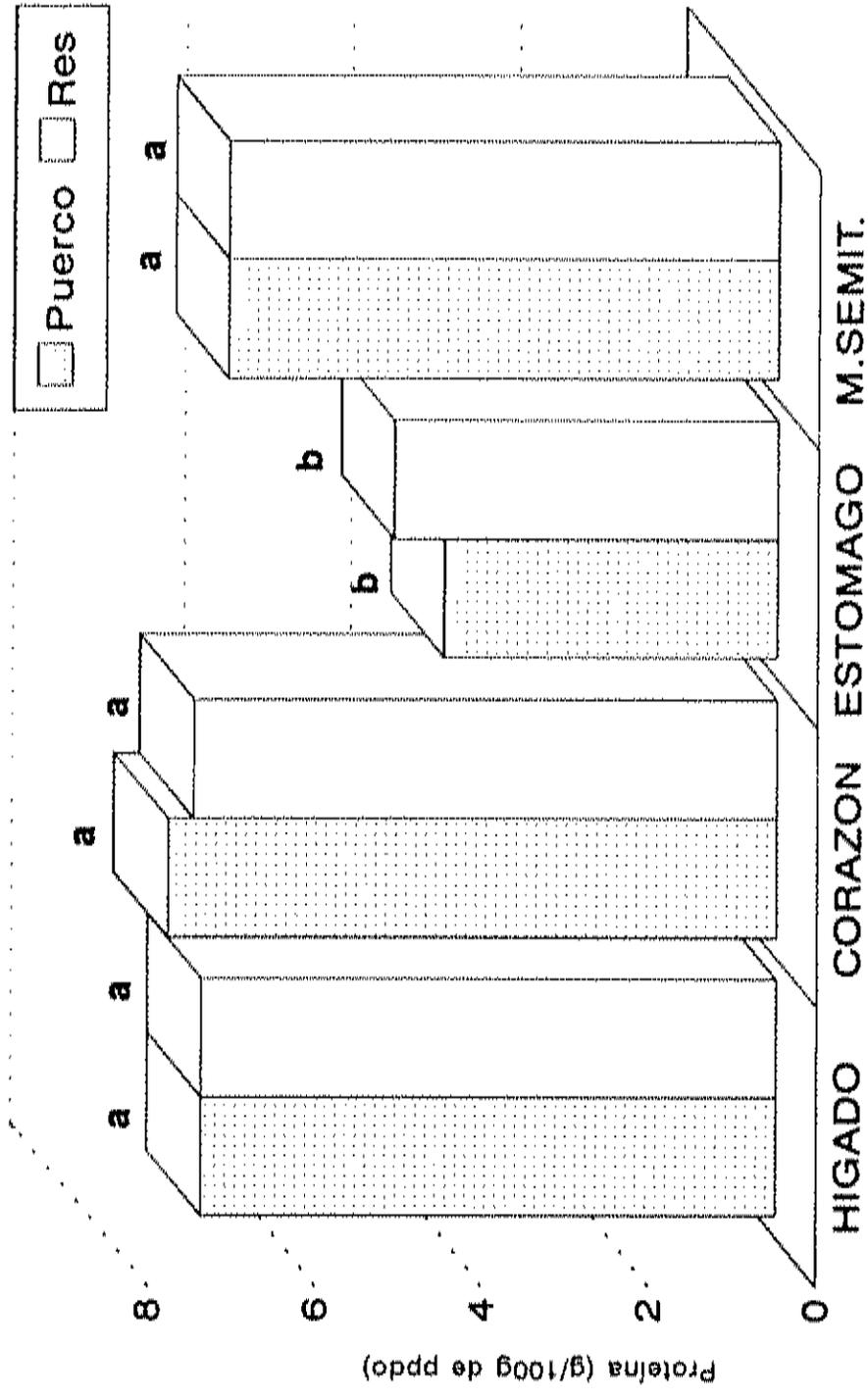
Material Cárnico	Proteína (%)
Hígado	6.9±0.4a
Corazón	7.3±0.3a
Estómago	4.0±0.3b
Semitendinoso	6.6±1.2a

Promedios con diferente letra presentan diferencia significativa ($p < 0.05$), $n=3$.

Cuadro 6. Contenido de Proteína en los Precipitados (g/100g de ppdo) de Vísceras y Músculo Semitendinoso de Res.

Material Cárnico	Proteína (%)
Hígado	6.9±0.8a
Corazón	7.0±0.2a
Estómago	4.6±0.4b
Semitendinoso	6.6±0.2a

Promedios con diferente letra presentan diferencia significativa ($p < 0.05$), $n=3$.



Letras diferentes indican diferencia significativa ($p < 0.05$).

Figura 4. Contenido de Proteína en los Precipitados de Vísceras y Músculo Semitendinoso de Puero y Res.

debe en parte al diferente contenido de proteína total y soluble encontrada entre vísceras (ver Cuadros 1, 3 y 4).

Al bajar la fuerza iónica de los extractos se obtuvo un incremento promedio de 48, 126, 125 y 42% en el contenido de proteína soluble para el hígado, corazón, estómago y la pierna, respectivamente en ambas especies.

Durante la extracción de proteínas, pueden ser manipuladas las propiedades del solvente para alterar la solubilidad de estos polímeros al cambiar la fuerza iónica (Scopes, 1982).

Fuerza de Gel

En el Cuadro 7, se presentan los resultados de fuerza de geles de proteínas contenidas en los Sistemas Modelos Proteicos 2 (SMP2) de vísceras y músculo semitendinoso de puerco. Se puede observar que las proteínas de hígado y estómago de puerco formaron geles muy débiles (0.06 y 0.17 Kgf, respectivamente) siendo iguales entre sí ($p > 0.05$). El corazón formó geles que fueron 8 veces más fuertes que el hígado y estómago. Sin embargo, las proteínas del músculo esquelético fueron mucho mejores gelificantes que las vísceras. Según Nuckles *et al.* (1990), el hígado de puerco contiene sólo un 50% de la cantidad de miosina encontrada en corazón de res y carne de pollo mecánicamente deshuesada, por lo que el valor de fuerza de gel obtenido de las proteínas solubles del SMP2 de hígado de puerco puede estar relacionada a ello. La fuerza de gel de las proteínas musculares de puerco obtenida en este estudio 1.4 Kgf, es semejante a la reportada por Camou y Sebranek (1990) y Camou *et al.* (1991), 1.7 Kgf para músculo semimembranoso.

Samejima *et al.* (1985) publicaron que la miosina del músculo cardíaco de puerco formó geles mucho más fuertes que la miosina del músculo esquelético de la misma especie. En el presente estudio se vió un comportamiento diferente

Cuadro 7. Fuerza de Gel (Kgf) de Proteínas (SMP2) de Vísceras y Músculo Semitendinoso de Puerco.

Material Cárnico	(Kgf)
Hígado	0.06 ± .01c
Corazón	0.95 ± .12b
Estómago	0.17 ± .06c
Semitendinoso	1.41 ± .28a

Promedios con diferente letra presentan diferencia significativa ($p < 0.05$), $n = 3$.
SMP2 = Sistema Modelo Proteico 2

al de estos autores para las proteínas de dichos músculos. Este comportamiento diferente se debió probablemente a que el sistema modelo empleado (SMP2) estuvo formado por una mezcla de proteínas miofibrilares y sarcoplásmicas y no exclusivamente de miosina como el caso de dichos autores.

Los resultados de fuerza de geles de proteínas (SMP2) de vísceras y el músculo esquelético de res se presentan en el Cuadro 8. Estos resultados tuvieron un comportamiento similar al obtenido para las muestras de puerco indicados anteriormente. Las proteínas de hígado y estómago de res fueron las menos gelificantes (0.07 y 0.08 Kgf) siendo iguales entre sí ($p > 0.05$) y diferentes a las proteínas de corazón y músculo esquelético 1.11 y 2.0 Kgf, respectivamente ($p < 0.05$). Como se puede observar, también en este caso, las proteínas del músculo esquelético fueron mejores gelificantes que las de vísceras. Se ha reportado que el corazón de res contiene menos miosina que el músculo semitendinoso y menor poder gelificante (Nuckles *et al.*, 1991). Esto concuerda con los resultados obtenidos para estos músculos en el presente estudio.

Por otro lado, Xiong *et al.* (1993) reportaron valores de fuerza de gel de proteínas miofibrilares de corazón de res inferiores a las de este estudio. Es posible que esta diferencia se deba a que ellos emplearon el método de penetración para medir la fuerza de los geles, mientras que en el presente estudio se empleó el método de compresión (ver Materiales y Métodos).

Existen pocos reportes en la literatura sobre la capacidad gelificante de proteínas de subproductos cárnicos. Sin embargo, Smith (1991) informó que los tejidos del músculo esquelético, cardíaco y liso, son diferentes en el contenido y distribución de proteína, por lo que varían extensamente en funcionalidad y valores de ligado. Las causas de esta variación no han sido determinadas, aunque las desigualdades en funcionalidad proteica puede deberse a diferencias en el contenido o composición y estructura de sus proteínas.

Cuadro 8. Fuerza de Gel (Kgf) de Proteínas (SMP2) de Visceras y Músculo Semitendinoso de Res.

Material Cárnico	(Kgf)
Hígado	0.07 ± .01c
Corazón	1.11 ± .07b
Estómago	0.08 ± .02c
Semitendinoso	2.00 ± .46a

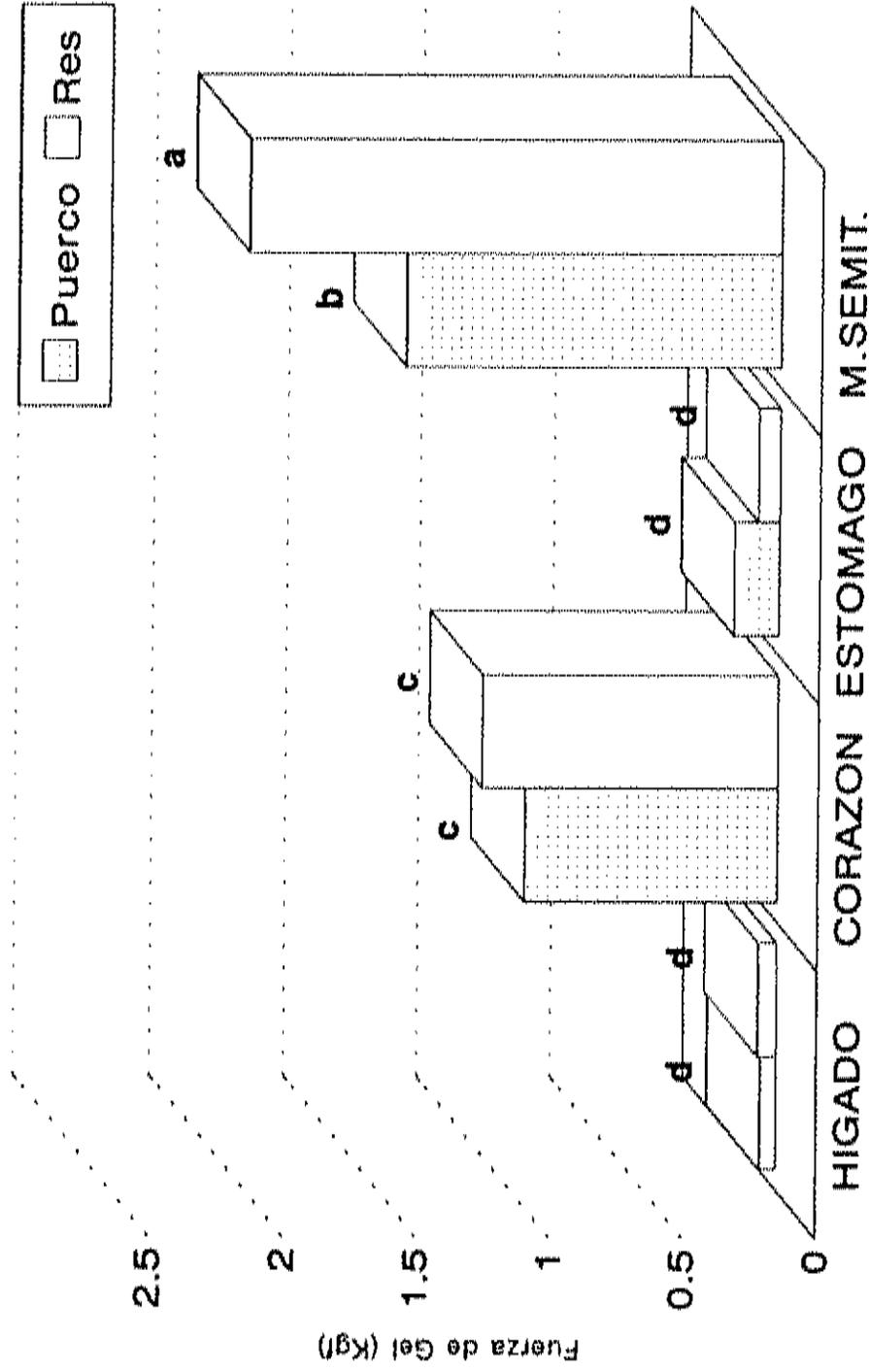
Promedios con diferente letra presentan diferencia significativa ($p < 0.05$), $n = 3$.
SMP2 = Sistema Modelo Proteico 2

En la Figura 5 se representan los resultados de fuerza de gel de proteínas mostrados en los Cuadros 7 y 8. En esta figura se observa que las proteínas solubles (SMP2) del músculo de res fueron las mejores gelificantes superando a las vísceras de ambas especies e inclusive a las proteínas del músculo semitendinoso de puerco ($p < 0.05$). Las proteínas de hígado y estómago formaron los geles más débiles y fueron iguales entre sí ($p > 0.05$). Al hacer la comparación entre las tres vísceras, el corazón fue el mejor gelificante, no presentándose diferencia ($p > 0.05$) por especie para este subproducto.

Las publicaciones encontradas en la literatura indican que existe variación en las propiedades gelificantes de proteínas miofibrilares entre especies animales, lo cual concuerda con este estudio en especial para las proteínas del músculo esquelético (Akahane *et al.*, 1985; Fretheim *et al.*, 1986; Xiong *et al.*, 1987).

Porcentaje de Pérdida de Agua de los Geles (PA)

La PA de los geles de proteínas (SMP2) de vísceras y músculo semitendinoso de puerco después de ser comprimidos se enlistan en el Cuadro 9. Como puede observarse, los resultados obtenidos fueron diferentes entre muestras ($p < 0.05$). Los geles de proteínas de hígado y estómago fueron los que perdieron más agua; 66.8 y 50.3%, respectivamente. Se ha reportado que el hígado y el músculo liso presentan cerca de 23% de miosina, a diferencia del músculo cardíaco y esquelético que contienen 48 y 50% respectivamente (Nuckles *et al.*, 1990). Por lo tanto, es posible que la escasa fuerza de gel y la baja CRA de los geles de proteínas solubles del hígado y del estómago se deba principalmente a esta causa. El corazón presentó la más alta retención de agua, incluso superó al músculo esquelético a pesar de haber sido menos gelificante que éste último. Las diferencias encontradas entre estos músculos posiblemente



Letras diferentes indican diferencia significativa ($p < 0.05$).

Figura 5. Fuerza de geles de Proteína (SMP2) de Visceras y Músculo Semitendinoso de Puercos y Res.

Cuadro 9. Porcentaje de Pérdida de Agua de Geles de Proteínas (SMP2) de Vísceras y Músculo Semitendinoso de Puerco.

Material Cárnico	(%)
Hígado	66.8 ± 2.9a
Corazón	2.2 ± 1.1d
Estómago	50.3 ± 2.5b
Semitendinoso	8.9 ± 1.1c

Promedios con diferente letra presentan diferencia significativa ($p < 0.05$), $n = 3$.

SMP2 = Sistema Modelo Protelco 2

se deben a la existencia de isoformas de proteínas miofibrilares principalmente de miosina en el músculo cardíaco (Bechtel, 1986; Pearson y Young, 1989).

Los geles de proteínas del músculo esquelético semitendinoso, perdieron sólo 25% de agua del valor reportado por Camou y Sebranek (1990) y Camou *et al.* (1991) para músculo semimembranoso. Es probable que esta diferencia se deba a que para realizar la medición de la fuerza de gel, estos autores comprimieron en dos ocasiones los geles de proteína y en este estudio sólo fueron comprimidos una vez. Esta doble compresión provoca mayor estrés en el gel y por consecuencia pierde más agua.

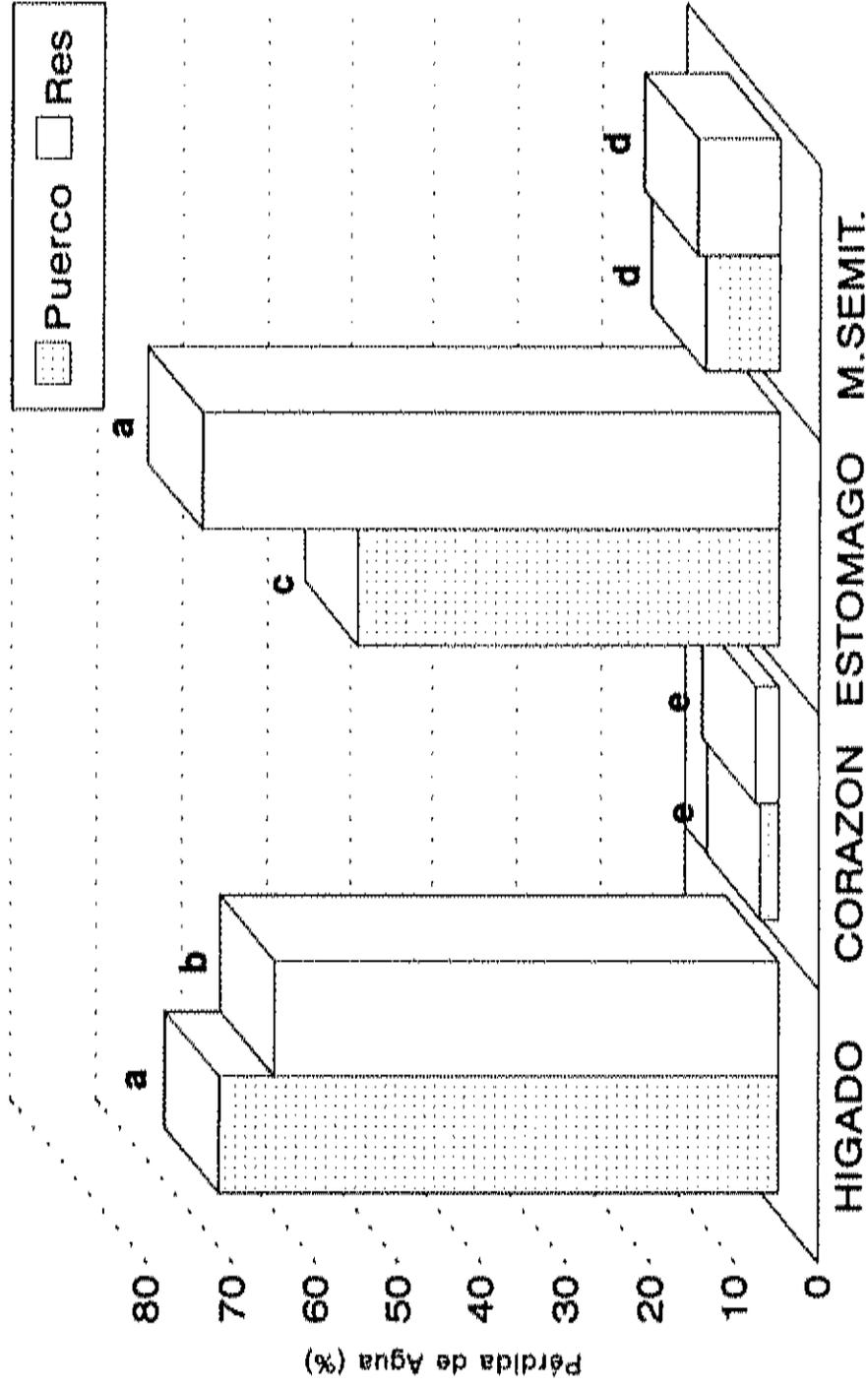
Los geles de proteínas de vísceras y músculo de res reportados en el Cuadro 10, también fueron diferentes en porcentajes de PA ($p < 0.05$). Los valores más altos correspondieron al hígado y estómago: 60.3 y 68.9%, respectivamente. Los geles de corazón fueron los que más agua retuvieron, superando a las otras vísceras y al músculo esquelético. Nuckles *et al.* (1991) reportaron que los geles de proteínas miofibrilares de corazón de res pierden más agua que las de músculo semitendinoso, lo cual no concuerda con los resultados del presente estudio. La causa posible de esta diferencia es que en la presente investigación, se usó el método de concentración por precipitación al bajar la fuerza iónica el cual aparentemente provocó un efecto sobre las proteínas solubles del corazón. En cambio, estos autores usaron directamente el extracto de proteínas solubles a alta fuerza iónica para elaborar los geles. En la figura 6 se muestra la comparación de pérdida de agua de los geles de proteína (SMP2) entre especies. En esta figura se observa que las proteínas de hígado de puerco y estómago de res presentaron los valores más altos de PA siendo iguales entre sí (> 0.05). Los geles de proteínas de corazón en ambas especies tuvieron un comportamiento igual en el porcentaje de PA ($p > 0.05$) y fueron superiores a las demás muestras que presentan mayor retención de agua ($p < 0.05$). También se observa que los

Cuadro 10. Porcentaje de Pérdida de Agua de Geles de Proteínas (SMP2) de Vísceras y Músculo Semitendinoso de Res.

Material Cárnico	(%)
Hígado	60.3±2.9b
Corazón	2.8±0.4d
Estómago	68.9±2.3a
Semitendinoso	9.8±2.3c

Promedios con diferente letra presentan diferencia significativa ($p < 0.05$), $n = 3$.

SMP2 = Sistema Modelo Proteico 2



Letras diferentes indican diferencia significativa ($p < 0.05$).

Figura 6. Pérdida de Agua de Geles de Proteína (SMP2) de Vísceras y Músculo Semitendinoso de Puerco y Res.

geles de proteína del músculo esquelético de res y puerco perdieron una cantidad de agua similar entre sí ($p>0.05$).

No se encontraron reportes en la literatura sobre trabajos encaminados a evaluar la CRA de proteínas de vísceras en diferentes especies animales, por lo que no fue posible hacer comparaciones con los resultados obtenidos en el presente estudio.

Capacidad Emulsificante

En el Cuadro 11 se muestran los resultados de CE de proteínas solubles (SMP1) de vísceras y músculo semitendinoso de puerco. En este cuadro se observa que el corazón, estómago y el músculo esquelético fueron iguales entre sí: su promedio fue de 92 ml de aceite/100 mg de proteína presente en el SMP1 ($p>0.05$). Las proteínas solubles de origen hepático con un valor de CE de 117 ml de aceite/100 mg de proteína, fueron un 22% mejores emulsificantes que las otras vísceras ($p<0.05$). En la literatura se han encontrado resultados de CE de proteínas de vísceras que son controversiales a los obtenidos en el presente estudio (Bello y Acton, 1984; Nagayama y Kondo, 1990). Los autores Bello y Acton (1984) encontraron que la CE de las proteínas solubles de hígado y corazón de puerco fue 126% más alta que las de músculo esquelético y en este estudio, como se señaló anteriormente, sólo las proteínas de hígado superaron a las del músculo esquelético pero en un porcentaje mucho menor que el que ellos obtuvieron (22%). Nagayama y Kondo (1990), reportaron que las proteínas de hígado y corazón de puerco presentaron menos CE que las proteínas cármicas.

En el Cuadro 12 se observa que la CE de las proteínas solubles (SMP1) de corazón de res fue igual a las de hígado, estómago y músculo semitendinoso

Cuadro 11. Capacidad Emulsificante de Proteínas (SMP1) de Vísceras y Músculo Semitendinoso de Puerco.

Material Cárnico	CE
Hígado	117.1 ± 7.1a
Corazón	98.5 ± 5.1b
Estómago	89.1 ± 3.1b
Semitendinoso	89.4 ± 4.0b

Promedios con diferente letra presentan diferencia significativa ($p < 0.05$), $n = 3$.

CE = ml de aceite/100 mg de proteína (SMP1).

SMP1 = Sistema Modelo Proteico 1

Cuadro 12. Capacidad Emulsificante de Proteínas (SMP1) de Vísceras y Músculo Semitendinoso de Res.

Material Cárnico	CE
Hígado	97.8±4.3a
Corazón	93.6±2.6ba
Estómago	88.9±3.9b
Semitendinoso	88.6±4.0b

Promedios con diferente letra presentan diferencia significativa ($p < 0.05$), $n = 3$.

CE = ml de aceite/100 mg de proteína (SMP1).

SMP1 = Sistema Modelo Proteico 1

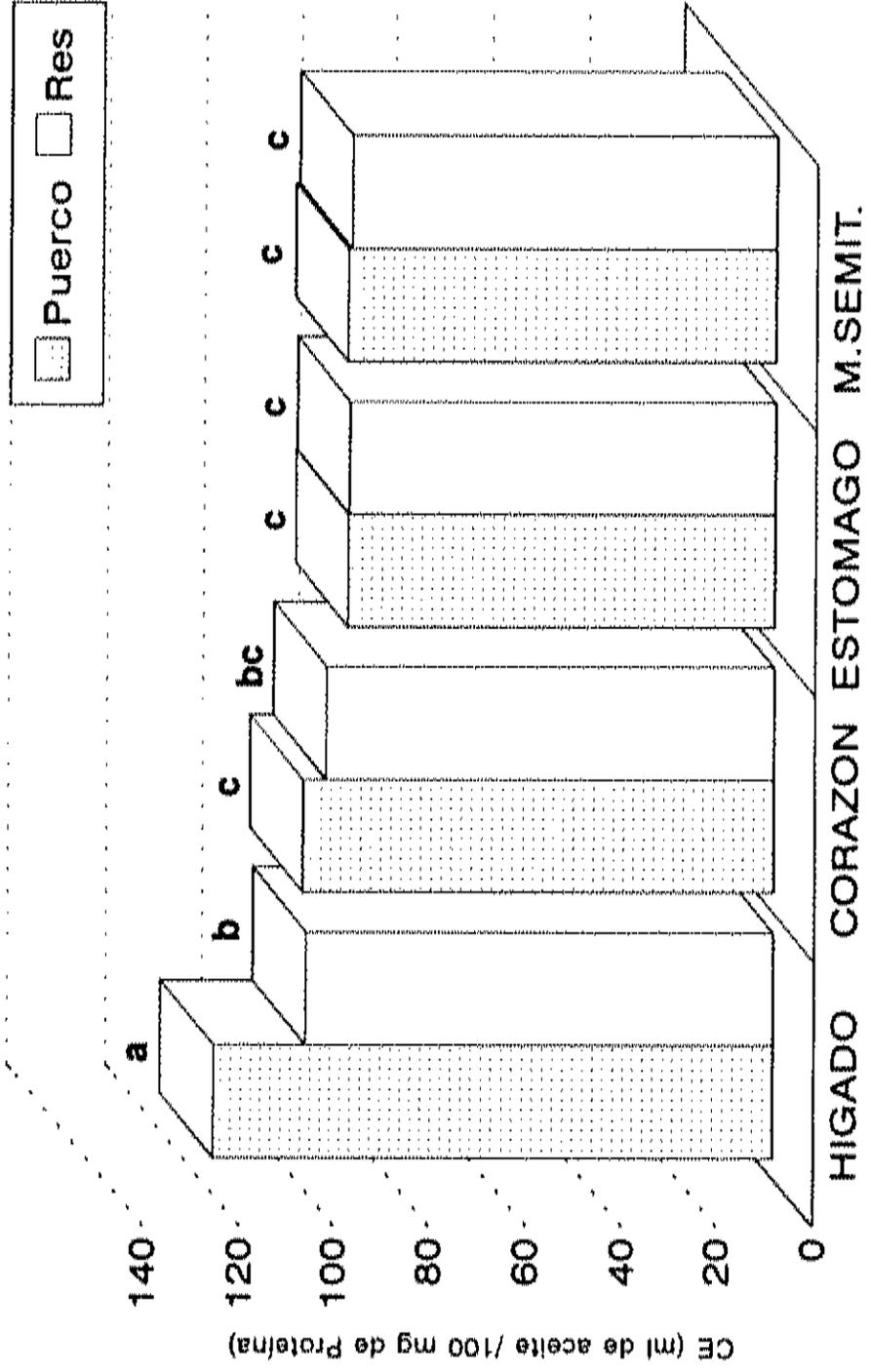
($p > 0.05$). Sin embargo, las proteínas hepáticas presentaron mayor CE que las de estómago y el músculo esquelético ($p < 0.05$).

El valor de CE de las proteínas cardíacas de res fue inferior al reportado por Smith y Brekke (1984), probablemente debido a que ellos usaron un tratamiento proteolítico con fiscina para mejorar la funcionalidad del músculo cardíaco. Borton *et al.* (1968) reportaron valores de CE superiores a los obtenidos para corazón de puerco y res: 268 y 273 ml de aceite/100 mg de proteína soluble, respectivamente.

En la figura 7 se grafican los resultados de CE de proteínas (SMP1) de vísceras y musculares de ambas especies estudiadas (Cuadros 11 y 12). En esta figura se observa que las proteínas de corazón, estómago y el músculo esquelético de res y puerco fueron iguales en su CE ($p > 0.05$). Sin embargo, el hígado de puerco resultó 33% mejor emulsificante que las demás muestras.

Nuckles *et al.* (1990) encontraron que las proteínas solubles en solución salina de hígado de puerco fueron mejores emulsificantes que las de corazón de res. Esto concuerda con los resultados del presente estudio. Gillett *et al.* (1977) obtuvieron un valor de CE para tripa de res de 74 ml de aceite/100 mg de proteína, siendo inferior al obtenido para estómago de res y puerco en este trabajo. Estos últimos autores reportaron valores de CE de proteínas del músculo esquelético de res tres veces menor que el que se obtuvo en este trabajo. Esto posiblemente debido a que sus resultados son los promedios de mediciones realizadas a tres temperaturas diferentes de extracción y a cuatro concentraciones diferentes de sal.

Los resultados de CE obtenidos, en su mayoría están en controversia con los reportes de la literatura debido a la gran cantidad de factores involucrados durante la medición de esta propiedad. Dentro de los principales se encuentran el método de emulsificación (Tomberg y Hermansson, 1977), solubilidad y tipo de proteína, fuerza iónica y la naturaleza de las sales presentes, además de la



Letras diferentes indican diferencia significativa ($p < 0.05$).

Figura 7. Capacidad Emulsificante de Proteínas (SMP1) de Visceras y Músculo Semitendinoso de Puercos y Res. 66

velocidad de mezclado, diseño y forma del equipo, tipo de aceite, así como su velocidad de adición entre otros (Acton y Saffle, 1972; Schut, 1976; Wang y Kinsella, 1976).

Electroforesis en Gel de Poliacrilamida SDS

En la Figura 8 se muestra el perfil electroforético de las proteínas solubles en solución salina de vísceras y el músculo semitendinoso. Como puede apreciarse en la figura, la composición de proteínas de los diferentes subproductos y el músculo esquelético resultó diferente. Tanto el hígado de puerco (1), así como el de res (2) fueron similares en sus componentes proteicos. La banda que corresponde a la molécula de miosina es apenas perceptible, lo que conduce a pensar en la escasa proporción en que se encuentra presente esta proteína en esa víscera (Nuckles *et al.*, 1990).

No se observan diferencias entre los patrones de proteínas de corazón de ambas especies, y estos fueron similares a los del músculo esquelético. Sin embargo, el grosor de las bandas indican un mayor contenido de miosina en el músculo esquelético. Es poca la información que se encontró en diferentes bancos de datos referente a las características funcionales y bioquímicas de proteínas de las vísceras estudiadas.

En un estudio se encontró que el corazón de puerco presentó menos contenido de miosina que el músculo esquelético de pollo (Nuckles *et al.*, 1990). El estómago de ambas especies también presentó similitud en sus patrones de proteínas solubles. Por la intensidad de sus bandas parece ser que el contenido de miosina del estómago fué superior al de hígado. Sin embargo, ambos fueron superados por los músculos cardíaco y esquelético. Se ha reportado que los rendimientos de actina y miosina del músculo liso durante la extracción son menores que los de músculo estriado debido a que no solamente los filamentos

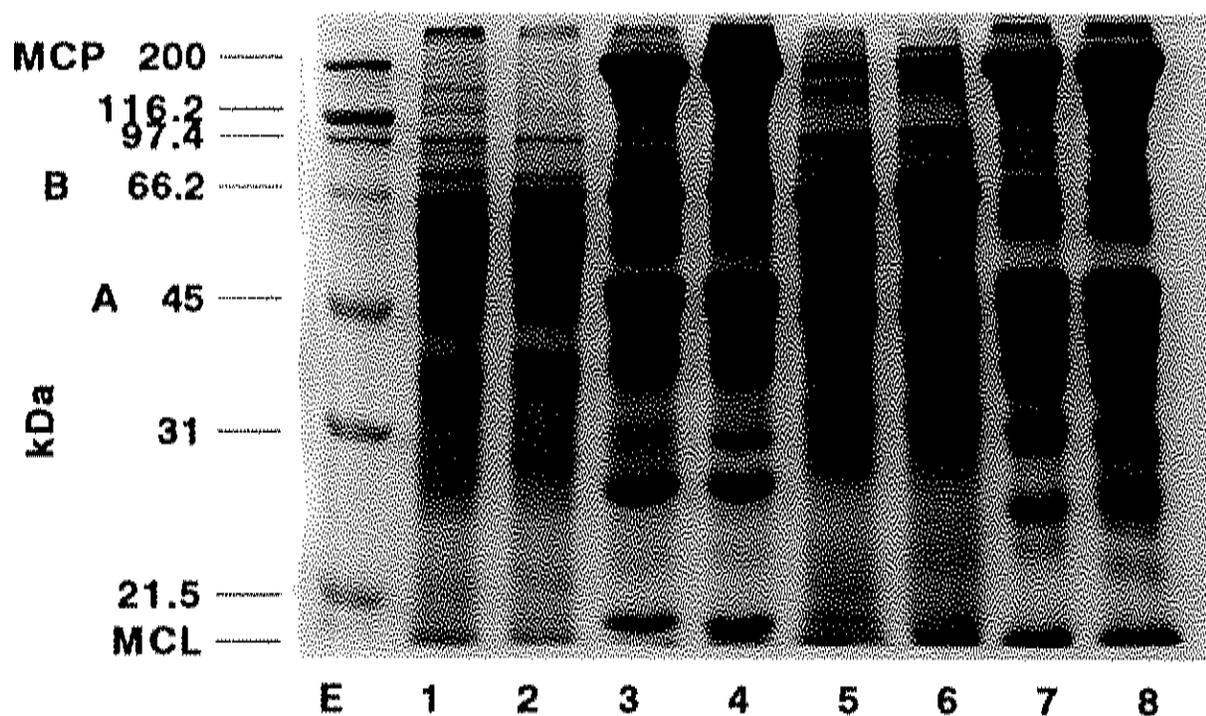


Figura 8. Perfil electroforético en gel de poliacrilamida SDS de proteínas solubles en solución salina (miofibrilares y sarcoplásmicas) de vísceras y músculo semitendinoso de puerco y res. E = Estándar de peso molecular de amplio rango, 1 y 2 = Hígado, 3 y 4 = Corazón, 5 y 6 = Estómago, 7 y 8 = Músculo semitendinoso de puerco y res, respectivamente. MCP = Miosina (Cadenas Pesadas), MCL = Miosina (Cadenas Ligeras), A = Actina, y B = Albúmina.

gruesos y delgados son menos abundantes en este músculo, sino que también la extracción es más difícil de realizar debido a su estrecha asociación y abundancia de tejido conectivo (Pearson y Young, 1989).

La albúmina o proteínas semejantes a su peso molecular (66.2 kDa), se encontraron presentes en todas las vísceras y el músculo esquelético, aunque en el estómago de ambas especies por el grosor de las bandas fue más abundante. También se observa que en el músculo cardíaco y esquelético, la actina se encontró en mucha mayor concentración que en el resto de las vísceras en ambas especies. Las bandas de miosina y actina del corazón de res fueron mucho más voluminosas que las de hígado de puerco, lo cual concuerda con lo reportado por Nuckles *et al.* (1990).

Los resultados del estudio electroforético indican a través del análisis de las características de sus bandas, el contenido de miosina y actina observado en las vísceras y el músculo esquelético de ambas especies. Estas bandas presentan una relación positiva con la fuerza de gel y el agua perdida de los geles de proteína estudiados. Esto se confirma con lo reportado por Xiong *et al.* (1993) y Foegeding *et al.* (1991), quienes observaron un incremento en la fuerza de geles de proteínas miofibrilares cuando se aumenta la concentración de estas proteínas.

CONCLUSIONES

En base a los resultados obtenidos en esta investigación se llegó a las siguientes conclusiones:

- La composición proximal y valores de pH fueron diferentes entre vísceras y el músculo esquelético, mostrando similitud con los resultados reportados en la literatura.

- La solubilidad, gelificación, capacidad de retención de agua y emulsificación de las proteínas solubles en solución salina de las vísceras y el músculo semitendinoso de puerco y res mostraron diferencias por especie y tipo de músculo.
 - * El hígado de estas especies presentó un contenido de proteína soluble en solución salina similar al del músculo esquelético y superior al del corazón y estómago.
 - * Las proteínas del músculo semitendinoso de las dos especies en estudio presentaron mejor gelificación que las de vísceras. Entre éstas, el corazón de ambas especies obtuvo mayor fuerza de gel.
 - * Los geles de proteína soluble de corazón de ambas especies mostraron un comportamiento similar en su capacidad de retención de agua y superaron a las otras vísceras, inclusive al músculo esquelético de puerco y res.

- * Las proteínas solubles en solución salina de hígado de puerco fueron las de mejor capacidad emulsificante superando a las del músculo esquelético y otras vísceras.

- Los resultados de electroforesis presentaron una relación positiva con los obtenidos de fuerza de gel y retención de agua de los geles de proteína.

- Este conocimiento comparativo de la funcionalidad de las proteínas solubles en solución salina de las vísceras y músculo esquelético de puerco y res, proporciona un punto de inicio para futuras investigaciones en lo referente a uso de este material cárnico en el desarrollo tecnológico de nuevos procesos y productos.

RECOMENDACIONES

- Estudiar las propiedades funcionales de las proteínas (PFP) de vísceras en combinación con proteínas cárnicas en sistemas modelo protéico.

- Evaluar las PFP de vísceras al usarlas como ingredientes en productos cárnicos tipo emulsión.

- Realizar diversos estudios de tipo bioquímico para caracterizar las moléculas de proteínas de vísceras.

- Estudiar el uso de aditivos y/o tratamientos para mejorar las PFP de vísceras.

- Estudiar la relación estructura/funcionalidad de las proteínas solubles en solución salina de vísceras.

- Estudiar la capacidad emulsificante de las proteínas solubles en solución salina de vísceras y el músculo esquelético por métodos diferentes al utilizado en este trabajo y así evaluar la influencia de la técnica en esta medición.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Acton, J.C. Hanna, M.A. and Satterlee, L.D. (1891). Heat- induced gelation and protein-protein interaction of actomyosin. *J. Food Biochem.* 5: 101.
- Acton, J.C., Ziegler, G.R. and Burge, D.L. (1983). Functionality of muscle Constituents in the processing of comminuted meat products. *CRC Crit. Rev. Food Sci. and Nutr.* 18(2):99.
- Acton, J.C. and Dick, R.L. (1984). Protein-protein interaction in processed meats. *Ann. Reciprocal Meat Conf. Proceedings.* 37:36.
- Acton, J.C. and Saffle, R.L. (1972). Emulsifying capacity of muscle protein: Phase volumes at emulsion collapse. *J. Food Sci.* 37, 904-906.
- AOAC. (1984). "Official Methods of Analysis" 14th ed. Association of Official Analytical Chemists. Williams, S. (Editor). Washington, DC.
- AOAC. (1990). "Official Methods of Analysis" 15th ed. Association of Official Analytical Chemists. Washington, DC.
- Asghar, A., Morita, J. Samejima, K. and Yasui, T. (1984). Biochemical and functional Characteristics of myosin from red and white muscles of chicken as influenced by nutritional stress, *Agric. Biol. Chem.* 48:2217.
- Badui, D. S. (1981). Química de los Alimentos. 1a. Edición. Alhambra Mexicana, S. A. México. D. F. p. 107-155.
- Bechtel, P.J. (1986). Muscle as Food. Food Science and Technology, A Series of Monographs. Academic Press, Inc. Urbana, Illinois pp 2-10, 18-31.
- Bello, J. and Acton, M.C. (1984). Contribution of pig fat and solubilized proteins from different parts of pig carcass to emulsification capacity and emulsion stability of meat emulsions obtained according to a model system.

Proceedings of the European Meeting of Meat Research Workers; No. 28, vol II, 6.09, pp. 345-348.

- Borton, R.J., Webb, N.B. and Bratzler, L.J. 1968. Emulsifying capacities and emulsion stability of dilute meat slurries from various meat trimmings. *Food Technol.* 22: 506-508.
- Brekke, C.J., Nakai, S., Li-Chan, E. and Girard, B. (1987). Unpublished data. University of British Columbia, Vancouver, British Columbia, Canada.
- Briskey, E.J. and Fukazawa, T. (1971). Myofibrillar proteins of skeletal muscle. *Adv. Food Res.* Vol. 19. Ed. Board. Academic Press. N.Y.
- Bourne, M. C. (1982). *Food Texture and Viscosity: Concept and Measurement.* Academic Press. New York.
- Camou J.P., Sebranek J.G. and Olson D.G. (1989). Effect of Heating Rate and Protein Concentration of Gel Strength and Water Loss of Muscle Proteins Gels. *J. Food Sci.* 54(4): 850-854.
- Camou, J. P. and Sebranek J. G. (1990). Gelation characteristics of muscle proteins from pale, soft, exudative (PSE) pork. *Meat Science*, 30:207-220.
- Camou, J. P. and Sebranek J. G. (1991). Effect of nonmeat proteins on gelation properties of porcine muscle proteins. *J. Muscle Foods.* 2: 149-163.
- Carpenter, J.A. and Saffle, R.L. (1964). A simple method of estimating the emulsifying capacity of various sausage meats. *J. Food Sci.* 29: 774-778.
- Cheftel, J.C., Cuq, J.L. et Lorient, D. (1985). *Proteines Alimentaires.* Tec. Doc. Lavoisier. Paris, Francia, p. 45-47.
- Cherry, J.P. (1981). Protein Functionality. ACS Symposium Series (Ed.), American Chem. Soc. Washington, D.C. pp. 131-145.
- Christian, J.A. and Saffle, R.L., (1967). Plant and animal fats and oils emulsified in a model system with muscle salt-soluble protein. *Food Technology.* 21, 1024-1027.

- Daum - Thunberg, D.L., Foegeding, E.A. and Ball Jr. H.R. (1992). Rheological and water - holding properties of comminuted turkey breast and thigh: Effects of initial pH. *J. Food Sci.* 57: 333-337.
- Desrosier, N.W. (1983). Elementos de Tecnología de Alimentos. 1a. edi., CECSA (Ed.), Méx. D.F. p. 529-532.
- Dudziak, J.A. Foegeding, E.A. and Knopp, J.A. 1988. Gelation and Thermal transitions in post-rigor turkey myosin/actomyosin suspensions. *J. Food Sci.* 53: 1279.
- Fennema, O. (1976). Principles of food Science. Part 1 Food chemistry. Merce Dekker, Inc. New York and Basel. pp 253.
- Fennema, O.R. (1985). Introducción a la ciencia de los alimentos. Primera edición. Edit. Reverte, S.A. España.
- Ferry, J.D. (1948). Protein gel. *Adv. Prot. Chem.* 4:1.
- Fisher, P. y Bender, A., (1980). Valor Nutritivo de los Alimentos, 1a. Edición, Limusa, S.A. México D.F. p. 127.
- Fischer, A. (1982). Leberwurst: Emulgiereigenschaften von Zustand und Vorbenhandlung. *Fleischeri* 33: 371-377.
- Foegeding, (1987). Functional properties of turkey salt-soluble proteins. *J. Food Sci.* 52: 1495-1499.
- Foegeding, E.A., Allen, C.E. and Dayton, W.R. (1986). Effect of heating rate on thermally formed myosin, fibrinogen and albumin gels. *J. Food Sci.* 51: 104
- Foegeding, E.A. and Ramsey, S.R. (1987). Rheological and water - holding properties of gelled meat batters containing iota carrageenan, kappa carrageenan or xanthan gum. *J. Food Sci.* 52: 549.
- Foegeding, E.A. (1988). Thermally induced changes in muscles proteins. *Food Technol.* 42(6): 58-64.
- Foegeding, E.A. (1990). Development of a Test to Predict Gelation Properties of Raw Turkey Muscle Proteins. *J. Food Sci.* 55(4): 932-936.

- Foegeding, E.A., Brekke, C.J. and Xiong, Y.L. (1991). Gelation of miofibrillar protein. En: *Interactions of Food Proteins*, Parris, N. and Barford, R. (Eds.), American Chemical Society, Washington, DC. p. 258-266.
- Forrest, J.C., E.D. Aberle, H.B. Hedrick, M.D. Judge y R.A. Merkel. (1975). *Fundamentos de la Ciencia de la Carne*. 1a Edición en español. Ed. Acribia, Zaragoza, España. p. 66, 175-181.
- Fox, P.F. and Condon, J.J. (1982). *Food Proteins*. First ed. Applied Science Publisher. New York. p. 51-52, 248.
- Fretheim, K., Samejima, K. and Egelandsdal, B. (1986). Myosins from red and white bovine muscles: Gel strength (elasticity) and water holding capacity of heat-induced gels. *Food Chem.* 22:107.
- Fukazawa, T., Hashimoto, Y., and Yasui, T. (1961). Effect of some proteins on the binding quality of an experimental sausage. *J. Food Sci.* 26:541.
- Gazka, M.T. and Regenstein, J.M. (1982). Timed emulsification studies with chicken breast muscle: Soluble and insoluble myofibrillar proteins. *J. Food Sci.* 47:1438.
- Galluzo, S. J. and Regenstein, J. M. (1978). Role of chicken brast muscle protein in meat emulsion formation: Myosin, actin and actomyosin synthetic. *J. Food Sci.* 43:1761.
- Gillett, T.A., Meiburg, D.E., Brown, C.L. and Simon S. (1977). Parameters affecting meat protein extraction and interpretation of model system data for meat emulsion formation. *J. Food Sci.* 42(6): 1606-1610.
- Girard, J.P. (1991). *Tecnología de la Carne y de los Productos Cárnicos*. 1a. ed. Ed. Acribia, Zaragoza, España. p. 273-290.
- Górzka, I. Szmanco, T. and Krasnowska, G. (1988). Preliminary physicochemical and histological characteristics of beef gullet meat tissue. *Food Chemistry*, 27: 131-139.
- Haga, S. y Ohashi, T. (1982). Effects of main regulatory proteins on the heat induced gel formability of myosin. *B. J. Jpn. Soc. Fish.* 29:700.

- Hamm, R. (1986). Functional properties of the myofibrillar system and their measurements. En: *Muscle as Food*. P.J. Bechtel (Ed.). Academic Press. Inc. Urbana Illinois. p. 135, 187.
- Hamm, R. (1973). The importance of the water binding capacity of meat when manufacturing frankfurter type sausage. *Fleischwirtschaft* 53:73.
- Hamm, R. (1975). On the rheology of minced meat. *J Texture Studies*, 6: 281.
- Hamm, R. (1962). En: Bechtel, P.J. 1986. *Muscle as Food*. Food Science and Technology, A Series of Monographs. Primera ed. Academic Press, Inc. Urbana, Illinois p 135.
- Harrington, W.F. (1979). Contractile proteins of the myofibril. En: "The Proteins" H. Neurath and R.L. Hill (Eds.), Academic Press, New York, EUA. Vol. 4, p 245.
- Harrington, W.F. and Rodgers, M.E. (1984). Myosin. *Ann. Rev. Biochem.* 53:35
- Hermansson, A.M., Harbitz O. and Langton, M. (1986). Formation of two types of gels from bovine myosin. *J. Sci. Food Agric.* 37:69.
- Hultin, H.O. (1985). Characteristics of muscle tissue. En: *Food Chemistry*. Fennema, O.R. (Ed.), Mercel Dekker, Inc., New York. p. 725
- Ibarra, P.I., Lapitan, J.E., Arganosa, F.C. y Villeta M.O., (1985). Selected Physical, Chemical and Processing Characteristics of Pork by-product. *J. Philippine-Agriculturis*, 68 (2) 263-273.
- Ishiosroshi, M., Samejima, K. and Yasui, T. (1983). Heat - induced gelation of myosin filaments at a low salt concentration. *Agr. Biol. Chem.* 47: 2809.
- INEGI, (1992). Anuario Estadístico de los Estados Unidos Mexicanos.
- Jones, K.W. (1984). Protein-lipid interactions in processed meats. *Recip. Meat Conf. Proc.* 37:52.
- Kenney, P.B., Kastner, C.L. and Kropf, D.H. (1992). Muscle washing and raw material source affect quality and Physicochemical properties of low-salt, low-fat, restructured beef. *J. Food Sci.* 57: 545-550.

- Kinsella, J.E. (1982). Protein structure and functional properties: emulsification and flavor binding effects. En: Food protein deterioration, mechanisms and functionality. ACS. Symposium series 206. J.P. Cherry (Ed.) Am. Chem. Soc. Washington, D.C. p. 301.
- Kinsella, J.E. (1976). Functional properties of proteins in foods: a survey. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* 8:219.
- Kochner, P.N. and Foegeding, E.A. 1993. Microcentrifuge-based method for measuring water-holding of protein gels. *J. Food Sci.* 58: 1040-1046.
- Kondaiah, N., Kesava, R.V., Anjaneyulu, A.S.R., Sharma, N. and Lakshman, V. (1986). Evaluation of variety meats from buffaloes for some quality parameters. *J. of Food Science and Tecnology*, 23 (2):113-115.
- Kondaiah, N. and Panda, B. (1988). Economical production of chicken sausages from spent hens. *Indian - Food Packer*; 42 (2) 7-13.
- Kotter, L. and Fischer, A. (1975). The influence of phosphates or polyphosphates on the stability of foams and emulsions in meat technology. *Die Fleischwirtschaft* 3: 365.
- Krishnam, K.R. and Sharma, N. (1989). Studies on emulsion - type buffalo meat sausages incorporating skeletal and offal meat with different levels of pork fat. *Meat Science*, 28 (1): 51-60.
- Laemmli, U.K. (1970). Cleavage of structural proteins during the assembly of the head of bacteriophage T4. *Nature*. 227:680.
- Lanier, T.C. (1985). Fish protein in processed meats. *Recip. Meat Conf. Proc.* 38: 129.
- Lawrie, R. (1984). *Avances de la Ciencia de la Carne*. 2a ed., (Ed). Acribia, Zaragoza España, p. 160.
- Lee, F.A. (1983). *Basic food chemistry*. Second edition. The AVI Publishing Co. Westport, Connecticut, EUA.
- Li-Chan, E., Nakai, S., and Wood, D.F. (1984). Hydrophobicity and solubility of meat proteins and their relationship to emulsifying properties. *J. Food Sci.* 49: 345.

- Lehninger, A.L. (1982). *Bioquímica*, 1a. ed. Omega, (Ed.), Barcelona, p. 849.
- Lowey, S. (1979). In *fibrous proteins: Scientific industrial and medical aspects*. D.A.D. Parry and L.K. Cramer (Eds.) New York.
- Mannherz, H.G. and Goody, R.S. (1976). *Proteins of contractiles systems*. Annual Review of Biochem. Vol 45. E.E. Snell (Ed.). Anual Review Inc. Palo Alto CA.
- Martin, D.M., Mayes, P.A. and Rodwell. (1983). *Harper's review of biochemistry*. 18th edition. Lange Medical Publications. Los Altos, CA., EUA.
- Mathews, Ch.K. and Vand Holde, K.E. (1990). *Biochemistry*, The Benjamin/Cummings Publishing Company, Inc. p. 1056.
- Maurer, A.J., Baker, R.C. and Vadehra, D.V. 1969. Kind and concentration of soluble protein extract and their effect on the emulsifying capacity of poultry meat. *Food Technol.* 23: 575-577.
- Mawson, R.F. and Schmidt, G.R. (1983). Binding capacity of beef and turkey muscle tissues in processed meats. *J. Food Sci.* 48: 1705.
- Montejano, J.G., Hamann, D.D., and Lanier, T.C. (1984). Thermally induced gelation of selected comminuted muscle systems - Rheological changes during processing, final strengths and microstructure. *J. Food Sci.* 49: 1496.
- Morrissey, P.A., Mulvihill, D.M. and O'Neill E.M. (1987). Functional Properties of Muscle Proteins pp. 195-245. En: *Developments in Food Proteins*. Hudson, B.J.F. (eds.). Elseiver Applied Science, New York.
- McWatters, K. and Cherry, J. (1981). Emulsification: Vegetable proteins. En: *Protein Functionality in Foods*. J.P. Cherry, (Ed). ACS Symposium Series 147. Am. Chem. Soc., Washington, D.C. p. 217.
- Nagayama, K. and Kondo, H. 1990. Emulsifying properties of salt-soluble proteins extracted from porcine organ meats. *Scientific - Reports of the Faculty of Agriculture Ibaraki-University (Japan)*. 37:21-27.
- Nakai, S. and Li-Chan, E. (1989). Effects of Heating on Protein Functionality. En: *Protein Quality and the Effects of Processing*. Phillips, R.D. and Finley J.W. (Eds.), Marcel Dekker, Inc. New York. pp. 125-143.

- Nakai, S., Li-Chan, E., and Hayakawa, S. (1986). Contribution of protein hydrophobicity to its functionality. *Die Nahrung* 30:327.
- Nakai S., Li-Chan, E., Hirotsuka, M., Vazquez, M.C., and Arteaga, G. (1991). Quantification of hidrophobicity for elucidating the esturcture-activity relationships of food proteins. En: *Interactions of Food Proteins*. Parris, N. and Barford R. (Eds.), American Chemical Society, Washington, D.C., p. 42.
- Niinivara, F.P., y Antila, P., (1973). Valor Nutritivo de la Carne. 1a. Edición. Ed. Acribia, Zaragoza, España. p. 45-46.
- Nuckles, R.O., Smith, D.M. and Merkel, R.A., (1990). Meat by-product protein composition and functional properties in model systems. *J. of Food Science*, 55(3): 640-643.
- Nuckles, R.O., Smith, D.M. and Merkel, R.A. (1991). Properties of heat-induced geles from beef skeletal, heart, lung and spleen protein fractions. *J. Food Sci.* 56: 1165-1170.
- O'Neill, E. Morrissey, P.A. and Mulvihill, D.M. (1993). Heat - induced gelation of actomyosin. *Meaf Sci.* 33: 161-74.
- Oakenfull, D., (1987). CRC Crit. Rev. Food Sci. Nutr., 26, 1-25. En: *Interactions of Food Proteins*. 1991. ACC Symposium Series 454. N. Parris y R. Barford (Ed.). American Chemical Society, Washington, DC, p.p. 225.
- O'Neill, E., Mulvihill, D.M. and Morrissey, P.A. (1994). Molecular forces involved in the formation and stabilization of heat-induced actomyosin gels. *Meat Sci.* 36: 407-421.
- Palacios, M. R., (1991). Estudio de hábitos alimentarios en una colonia de Hemosillo, Son. en relación al cambio en el proceso de producción de carne de bovino. Tesis de Maestría. CIAD, A.C., A. P. 1735, Hermosillo, Son., México. p. 10.
- Patana-Anake, C. and Foegeding, E.A. (1985). Rheological and stability transitions in meat batters containg soy protein concentrate and vital wheat gluten. *J. Food Sci.* 50: 160.

- Pearce, K.N. and Kinsella, J.E. (1977). Emulsifying properties of proteins: Evaluation of a turbidimetric technique. *J. Agric. Food Chem.* 26: 716-721.
- Pearson, A.M. and Tauber, F.M. (1984). Analytical Methods. En: *Processed Meats*, 2a. edición Van Nostrand Reinhold Company New York. p. 351-355.
- Pearson, A.M. and Young, R.B. (1989). *Muscle and Meat Biochemistry*. Academic Press, Inc. San Diego, California, EUA. p. 266-279.
- Pomeranz, Y., (1985). *Functional Properties of Food Components*. B. S. Schweigert, J. Hawthorn, G.F. and Stewart (Ed.). Academic Press, Inc. p. 199-206.
- Pour-Ei, A. (1981). Protein functionality: classification, definition and methodology. En: *Protein Functionality in Foods*. J.P. Cherry (Ed.), ACS Symposium Series 147. Am. Chem. Soc. Washington, D.C. p. 1.
- Price, J.F. y Schweigert, B.S. (1971). *Ciencia de la carne y de los productos cármicos*. 1a. Edición, Acribia (Ed.), Zaragoza, España. p. 80.
- Puolanne, E. and Turkki, P. (1984). The effect of level of hot boned pork fat on water binding capacity and fat retention in cooked sausage. En: *The Proceedings of the 30th European Meeting of Meat Research Workers*, Bristol, UK. p. 373.
- Randall, C.J. and Voisey, P.W. (1977). Effect of meat protein fractions on textural characteristics of meat emulsions. *J. Inst. Can. Sci. Technol. Aliment.* 10(2):88
- Regenstein, J.M., (1988). Meat Batters: Why it is not an emulsion. *Proc. Recip. Meat Conf.* 41:39.
- Robe, G.H. and Xiong, Y.L. (1992). Phosphates and muscle fiber type influence thermal transitions in porcine salt-soluble protein aggregation. *J. Food Sci.* 57: 1304.
- Robe, G.H. and Xiong, Y.L. (1994). Kinetic studies of the effect of muscle fiber type and tripolyphosphate on the aggregation of porcine salt-soluble proteins. *Meat Sci.* 37: 55-65.

- Saliba, D.A., Foegeding, E.A., and Hamann, D.D. (1987) Structural failure and non-destructive rheological analyses of frankfurter batters: Effects of heating rates and sugars. *J. Texture Studies* 18: 241.
- Samejima, K., Ishioroshi M. and Yasui, T. (1981). Relative roles of the head and tail portion of the molecule in the heat-induced gelation of myosin. *J. Food Sci.* 46:1412.
- Samejima, K., Ishioroshi M. and Yasui, T. (1982). Heat induced gelling properties of actomyosin: effect of tropomyosin and troponin. *Agr. Biol. Chem.* 46:535.
- Samejima, K., Ishioroshi M. and Yasui, T. (1983). Scanning calorimetric studies on the thermal denaturation of myosin and its subfragments. *Agric. Biol. Chem.* 47: 2373.
- Samejima, K., Yamaguchi, K., Yamamoto, K., Asghar A., and Yasui, T. (1984). Role of Myosin heavy chain from rabbit skeletal muscle in the heat-induced gelation mechanism. *Agric Biol. Chem.* 48:2225.
- Samejima, K., Egelanddal, B., and Fretheim, K. (1985). Heat gelation properties and protein extractability of beef myofibrils. *J. Food Sci.* 50: 1540.
- Schmidt, R.H. (1981). Gelation and coagulation. Protein Functionality in Foods ACS, Symposium Society. Washington, D.C. p. 142.
- Scopes, R. (1982). Protein Purification, Principles and Practice. 1a. ed. Springer-Verlag (Ed.) New York. pp 40.
- Schuphan, W. (1970). Proteins as Human Food. (Lawrie, ed.) AVI Publ., Westport, Connecticut. EUA. p. 245.
- Schut, J. (1976). Meat emulsions. En: Food Emulsions, Friberg S. (Ed.), Marcel Dekker, Inc. New York. p. 385.
- Smith, D.M. (1988). Meat proteins: Functional properties in comminuted meat products. *Food Technol.* 42(4):116-121.
- Smith, D.M. (1991). Factors Influencing Heat-Induced Gelation of Muscle Proteins. En: Interactions of Food Proteins, Parris N. and Barford R. (Ed.), ACS Symposium Series 454. American Chem. Soc., Washington, D.C. p. 243.

- Smith, D.M. and Brekke, C.J., (1984). Functional properties of enzymatically modified beef heart protein. *J. Food Sci.* 49: 1525-1528.
- Smith, D.M. and Brekke, C.J., (1985). Enzymatic Modification of the structure and functional properties of mechanically deboned fowl proteins. *J. of Agricultural of Food Chemistry.* 33:631.
- Sofos, J.N. (1983). Effects of reduced salt (NaCl) levels on the stability of frankfurters. *J. Food Sci.* 48: 1648.
- Stanley, D.W., Stone, A.P. and Hultin, H.O. (1994). Solubility of Beef and Chicken Myofibrillar Proteins in Low Ionic Strength Media. *J. Agric. Food Chem.* 42: 863-867.
- Stryer, L. (1990). Bioquímica. 3a ed., Reverté (Ed.), Barcelona, España. p. 927-928.
- Suzuki, T. (1981). Fish and krill protein: processing technology. Applied Science Publishers LTD. London. p. 1.
- Swingler, G.R. and Lawrie. R.A. (1979). Improved protein from some meat industry by-products. *Meat Science.* 3:63-73
- Tantikarnjathep, K., Sebranek, J.G., Topel, D.G. y Rust, R. (1983). Use of Vacuum During Formation of Meat Emulsions. *J. Food Sci.* 48: 1039-1041.
- Torneberg, E. and Hermansson, A.M. (1977). Functional characterization of protein stabilized emulsions: effect of processing. *J. Food Sci.* 42, 468-472.
- Trautman, J.C. (1966). Effect of temperature and pH on the soluble proteins of ham. *J. Food Sci.* 31:409.
- Trout G.R. and Schmidt, G.R. (1986). Water binding ability of meat products: Effect of fat level, effective salt concentration and cooking temperature. *J. Food Sci.* 51: 1061-1062.
- Van den Oord, A.M.A. and Wiser, P.R. (1973). State and distribution of fat in finely comminuted sausage products. *Fleischwirtschaft,* 53:1427.
- Voyutsky, S. (1978). Colloid Chemistry, Cap. XII, MIR Publishers, Moscow, URRS. pp 403-416,

- Wall, J.S. and Huebner, F.R. (1981). Adhesion and cohesion. En: Protein Functionality in Foods. ACS Symposium Series 147. J.P. Cherry (Ed.). Am. Chem. Soc. Washington, D.C.
- Wan, L., Xiong, Y.L. and Decker, E.A. (1993). Inhibition of Oxidation during Washing Improves the Functionality of Bovine Cardiac Myofibrillar Protein. *J. Agric. Food Chem.* 41, 2267-2270.
- Wang, J.C. and Kinsella, J.E. (1976). Functional Properties of Novel Proteins: Alfalfa leaf proteins. *J. Food Sci.* 41: 286-292.
- Weinling, H. (1973). *Tecnología Práctica de la Carne*. Ed. Acribia. Zaragoza, España. p. 51-54.
- Whiting, R.C. (1988). Ingredients and processing factors that control muscle protein functionality. *Food Technol.* 42(4): 104.
- Wicker, L., Lanier, T., Hamann, D.D., and Akahane, T. (1986). Thermal transitions in myosin-ANS fluorescence and gel rigidity. *J. Food Sci.* 51: 1540.
- Wilding, P., Lillford, P.J. and Regenstein, J.M. (1984). Functional Properties of Proteins in Food. *J. Chem. Tech. Biotechnology*, 34:182.
- Wilding, P., Hedges, N. and Lillford, P.J. (1986). Salt-induced swelling of meat: The effect of storage time, pH, ion-type and concentration. *Meat Sci.* 18:55.
- Wiley, E.L., Reagan, J.O., Carpenter, J.A. and Campion D.R. (1979). Connective Tissue Profiles of Various Raw Sausage Materials. *J. Food Sci.* 44: 918-921.
- Xiong, Y.L., Brekke, C.J. and Leung, H.K. (1987). Thermal denaturation of muscle protein from different species and animal types as studied by differential scanning calorimetry, *J. Can. Inst. Food Sci. Technol.* 20: 357.
- Xiong, Y.L. (1992). Thermally induced interactions and gelation of combined myofibrillar protein from white and red broiler muscles. *J. Food Sci.* 57: 581-585.
- Xiong, Y.L. (1993a). Muscle fibre type affects protein functionality in processed meat. *Meat Focus*. March. 111-112.

- Xiong, Y.L. (1993b). A comparison of the rheological characteristics of different fractions of chicken myofibrillar proteins. *J. of Food Biochem.* 16: 217-227.
- Xiong, Y.L. (1994). Myofibrillar Protein from Different Muscle Fiber Types: Implications of Biochemical and Functional Properties in Meat Processing. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 34(3):293-320.
- Xiong, Y.L. and Blanchard, S.P. (1994a). Dynamic Gelling Properties of Myofibrillar Protein from Skeletal Muscles of Different Chicken Parts. *J. of Agric. and Food Chem.* 43:670-674.
- Xiong, Y.L. and Blanchard, S.P. (1994b). Myofibrillar Protein Gelation: Viscoelastic Changes Related to Heating Procedures. *J. Food Sci.* 59(4): 734-738.
- Xiong, Y.L. and Brekke, C.J. (1991a). Gelation Properties of Chicken Myofibrils Treated With Calcium and Magnesium Chlorides. *J. of Muscle Foods.* 2:21-36.
- Xiong, Y.L. and Brekke, C.J. (1991b). Protein extractability and thermally induced gelation properties of myofibrils isolated from pre- and postrigor chicken muscles. *J. Food Sci.* 56: 210-215.
- Xiong, Y.L., Decker, E.A., Robe, G.H. and Moody W.G. (1993). Gelation of Crude Miofibrillar Protein Isolated From Beef Heart Under Antioxidative Conditions. *J. Food Sci.* 58, 1241-1244.
- Yasui, T., Ishioroshi, M. and Samejima, K. (1982). Effect of actomyosin on heat-induced gelation of myosin. *Agric. Biol. Chem.* 46: 5.
- Yates, L.D. and Greaser, M.L. (1983). Quantitative determination of myosin and actin in rabbit skeletal muscle, *J. Mol. Biol.*, 168, 123.
- Ziegler, G.R. and Acton, J.C. (1984). Mechanisms of gel formation by proteins of muscle tissue. *Food Technol.* 38(5):67.

- Xiong, Y.L. (1993b). A comparison of the rheological characteristics of different fractions of chicken myofibrillar proteins. *J. of Food Biochem.* 16: 217-227.
- Xiong, Y.L. (1994). Myofibrillar Protein from Different Muscle Fiber Types: Implications of Biochemical and Functional Properties in Meat Processing. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 34(3):293-320.
- Xiong, Y.L. and Blanchard, S.P. (1994a). Dynamic Gelling Properties of Myofibrillar Protein from Skeletal Muscles of Different Chicken Parts. *J. of Agric. and Food Chem.* 43:670-674.
- Xiong, Y.L. and Blanchard, S.P. (1994b). Myofibrillar Protein Gelation: Viscoelastic Changes Related to Heating Procedures. *J. Food Sci.* 59(4): 734-738.
- Xiong, Y.L. and Brekke, C.J. (1991a). Gelation Properties of Chicken Myofibrils Treated With Calcium and Magnesium Chlorides. *J. of Muscle Foods*, 2:21-36.
- Xiong, Y.L. and Brekke, C.J. (1991b). Protein extractability and thermally induced gelation properties of myofibrils isolated from pre- and postrigor chicken muscles. *J. Food Sci.* 56: 210-215.
- Xiong, Y.L., Decker, E.A., Robe, G.H. and Moody W.G. (1993). Gelation of Crude Myofibrillar Protein Isolated From Beef Heart Under Antioxidative Conditions. *J. Food Sci.* 58, 1241-1244.
- Yasui, T., Ishioroshi, M. and Samejima, K. (1982). Effect of actomyosin on heat-induced gelation of myosin. *Agric. Biol. Chem.* 46: 5.
- Yates, L.D. and Greaser, M.L. (1983). Quantitative determination of myosin and actin in rabbit skeletal muscle, *J. Mol. Biol.*, 168, 123.
- Ziegler, G.R. and Acton, J.C. (1984). Mechanisms of gel formation by proteins of muscle tissue. *Food Technol.* 38(5):67.