

[entro de Inuestigacion en Rirnentación V Desarrollo, R. [.

FUNCIONALIDAD DE LAS PROTEINAS SOLUBLES EN
SOLUCION SALINA
DE LA CARNE DE PAVO DESHUESADA MECANICAMENTE

'0''

MARTIN VALENZUELA MELENDRES

TESIS APROBADA POR LA
DIRECCION DE CIENCIA Y TECNOLOGIA DE ALIMENTOS
COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER
EL GRADO DE

**MAESTRO EN CIENCIAS ESPECIALIDAD
EN NUTRICION Y ALIMENTOS**

CONTENIDO

	Página
INDICE DE FIGURAS.....	V
INDICE DE CUADROS.....	VII
RESUMEN.....	X
INTRODUCCION.....	1
ANTECEDENTES BIBLIOGRAFICOS.....	4
Separación Mecánica de la Carne de Aves.....	4
Separación por Presión Mecánica y Operación en Continuo.....	5
Separación por Presión Hidráulica y Operación Discontinua.....	7
Composición Química de la Carne Deshuesada Mecánicamente.....	12
Oxidación de Lípidos en Carne Deshuesada Mecánicamente.....	14
Utilización de Carne Deshuesada Mecánicamente en Productos Cármicos.....	16
Músculo y Fibras Musculares.....	19
Clasificación de las Fibras Musculares.....	20
Proteínas Musculares.....	22
Proteínas Sarcoplásmicas.....	22
Proteínas del Estroma.....	22
Proteínas Miofibrilares.....	23
Miosina.....	25
Subunidades Proteolíticas de la Miosina.....	27

CONTENIDO (Continuación)

	Página
Actina.....	30
Tropomiosina.....	30
Troponina.....	31
Funcionalidad de las Proteínas Cárnicas.....	33
Solubilidad.....	33
Gelificación de Proteínas Miofibrilares.....	34
Relación miosina/actomiosina.....	36
Transiciones Térmicas e Isoformas de las Proteínas.....	36
Formación del Gel.....	37
Capacidad de Retención de Agua.....	41
Capacidad de Emulsificación.....	42
Sistemas Modelos para el Estudio de la Funcionalidad de las Proteínas.....	45
MATERIALES Y METODOS.....	47
Materia Prima.....	47
Deshuesado Manual y Mecánico.....	47
Medición del pH.....	48
Evaluación de la Funcionalidad.....	49
Extracción de Proteínas.....	49
Formación del Gel.....	50
Fuerza de Gel.....	50
Pérdida de Agua.....	51
Propiedades Emulsificantes.....	51
Electroforesis.....	52
Patrones de Proteínas.....	52
Isoformas de la Miosina.....	52

CONTENIDO (Continuación)

	Página
Pérdida de Proteínas.....	53
Evaluación de la Funcionalidad de Carne y Carne Deshuesada Mecánicamente a través del Tiempo de Almacenamiento	53
Análisis Químico.....	54
Diseño Experimental y Análisis Estadístico.....	54
RESULTADOS Y DISCUSION.....	56
Rendimiento del Deshuesado Manual y Mecánico.....	56
Potencial de Hidrógeno en Carne Deshuesada Mecánicamente, Carne y Sistemas Modelos.....	58
Funcionalidad de las Proteínas Solubles en Solución Salina.....	60
Fuerza de Gel.....	60
Pérdida de Agua en los Geles de Proteínas Solubles en Solución Salina.....	68
Propiedades Emulsificantes.....	70
Patrones Electroforéticos.....	72
Electroforesis de Extractos de Proteínas Solubles en Solución Salina.....	72
Electroforesis del Agua Liberada de los Geles de Proteínas Solubles en Solución Salina.....	73
Isoformas de la Cadena Pesada de la Miosina.....	74
Pérdida de Proteínas.....	75
Evaluación de la Funcionalidad de las Proteínas Solubles en Solución Salina de la Carne y Carne Deshuesada Mecánicamente a través del Tiempo de Almacenamiento.....	78
Fuerza de Gel.....	78
Pérdida de Agua de los Geles de Proteínas	

CONTENIDO (Continuación)

	Página
Solubles en Solución Salina.....	81
Propiedades Emulsificantes.....	84
Análisis Químico de la Carne Deshuesada Mecánicamente y Carne.....	86
CONCLUSIONES.....	91
BIBLIOGRAFIA.....	92

INDICE DE FIGURAS

Figura		Página
1	Máquina Paoli donde se presentan las piezas por separado y estructura simplificada en corte.....	6
2	Piezas que componen a la máquina Baader.....	8
3	Elementos que componen a los equipos MRS de Protecon...	10
4	Partes que componen a los equipos Inject Star.....	11
5	Estructura del sarcómero donde se presentan los componentes principales y localización de las proteínas miofibrilares.....	24
6	Molécula de miosina nativa donde se presenta la longitud aproximada y el arreglo general con las dos cabezas globulares, las cadenas ligeras y la parte de la cola.....	26
7	Descripción esquemática de la distribución de las cadenas ligeras en moléculas de miosina.....	28
8	Hidrólisis enzimática de la molécula de miosina donde se presenta la meromiosina pesada, meromiosina ligera, la cola, subfragmento S-1 y subfragmento S-2.....	29

INDICE DE FIGURAS (Continuación)

Figura		Página
9	Electroforesis en gel de poliacrilamida y SDS donde se muestran las isoformas de la cadena pesada de la miosina...	63
10	Electroforesis en gel de poliacrilamida y SDS de extractos de proteínas solubles en solución salina.	66
11	Electroforesis en gel de poliacrilamida y SDS del agua liberada de los geles de proteínas después de la compresión.....	67

INDICE DE CUADROS

Cuadro		Página
1	Composición química de la carne de pavo mecánica y manualmente deshuesada.....	13
2	Características de las fibras musculares rojas, intermedias y blancas en aves y animales domésticos.....	21
3	Localización de las principales proteínas miofibrilares y peso molecular	32
4	Temperaturas a las que ocurren los eventos de desdoblado, agregación y gelificación de proteínas solubles en solución salina de músculos de pollo	39
5	Resultados de rendimiento en el deshuesado manual de la carne de pavo.....	57
6	Resultados de rendimiento en el deshuesado mecánico de diferentes regiones anatómicas de huesos de pavo.....	57
7	Resultados de pH de la carne, carne deshuesada mecánicamente y proteínas solubles en solución salina.....	59

INDICE DE CUADROS (Continuación)

Cuadro		Página
8	Fuerza de gel de proteínas solubles en solución salina de carne y carne deshuesada mecánicamente de diferentes regiones anatómicas.....	60
9	Pérdida de agua de proteínas solubles en solución salina de carne y carne deshuesada mecánicamente de diferentes regiones anatómicas.....	69
10	Turbidez de emulsiones de proteínas solubles en solución salina de carne y carne deshuesada mecánicamente de diferentes regiones anatómicas.....	71
11	Resultados de la concentración de proteínas en el agua liberada de los geles de proteínas solubles en solución salina de las diferentes muestras estudiadas, después de la centrifugación.....	76
12	Resultados de fuerza de gel de proteínas solubles en solución salina de carne y carne deshuesada mecánicamente almacenada durante cuatro meses a -18 °C..	79
13	Resultados de pérdida de agua de los geles de proteínas solubles en solución salina después de la compresión de las muestras de carne y carne deshuesada mecánicamente almacenadas durante cuatro meses a -18 °C.....	82

INDICE DE CUADROS (Continuación)

Cuadro

14	Resultados de turbidez (absorbancia a 500 nm) de emulsiones de proteínas solubles al 0.1% en solución salina de muestras de carne y carne deshuesada mecánicamente almacenadas durante cuatro meses a -18 °C.....	85
15	Análisis químico de la carne deshuesada mecánicamente y carne.....	87

RESUMEN

Se determinó la funcionalidad (fuerza de gel, pérdida de agua, y propiedades emulsificantes) de proteínas solubles en solución salina (PSS), NaCl 0.56M, de carne de pavo deshuesada mecánicamente (CDM) obtenida de diferentes regiones anatómicas: ala, pierna, carcaje y una combinación de las tres (control), incluyéndose además una CDM comercial. Se determinó también la funcionalidad de las PSS de músculos blancos (alas y pechuga) y músculo oscuro (pierna) comparándose con la funcionalidad de las PSS de CDM. Se investigó además el efecto del almacenamiento por cuatro meses en congelación (-18°C), sobre la funcionalidad de las PSS de CDM y músculos. Las muestras de CDM y músculos fueron almacenados bajo condiciones de vacío y en presencia de antioxidantes para las primeras. Los antioxidantes utilizados fueron una mezcla de BHA/BHT/ácido cítrico. Además, se determinaron los patrones de electroforesis en gel de poliacrilamida y SDS de PSS de CDM y carne. En éstas últimas fueron determinadas isoformas de miosina. Se realizó también un análisis químico a muestras de carne y CDM.

Los geles de PSS de músculos blancos (pechuga) presentaron una fuerza de gel (FG) de 0.299 KgF, significativamente mayor ($p < 0.05$) que los geles de PSS de músculos oscuros de la pierna (0.158 KgF). La pérdida de agua (PA) en los geles de PSS de músculos blancos y oscuros fue similar (29.3% en promedio). Las emulsiones de PSS de carne de alas presentaron valores de absorbancia más altos ($p < 0.05$), 0.11, que las emulsiones de PSS de carne de pierna y pechuga, 0.084.

carne de alas presentaron valores de absorción más altos ($p < 0.05$), 0.11, que las emulsiones de PSS de carne de preña y pechuga, 0.084.

Los valores de FG de PSS de CDM presentaron una FG similar ($p > 0.05$) entre 0.035 y 0.101, excepto para la CDM control, la cual presentó una FG de 0.146. Los geles de PSS de CDM de preña y carne presentaron porcentajes de PA similares ($75\frac{3}{4}$) entre ellos, y diferentes ($p < 0.05$) al control ($54\frac{3}{4}$) y al CDM comercial (50%). Los valores de absorción de los emulsiones de PSS de los CDM fueron similares ($J' > 0.05$) y oscilaron alrededor de 0.065.

En general, los PSS de la carne blanca y oscura, presentaron mayor funcionalidad que los PSS de CDM.

No fueron observados cambios relevantes de la funcionalidad de los PSS de CDM y músculo, por efecto del tiempo de almacenamiento. Es posible que el uso de antioxidante, en CDM y condiciones de vado en ambas, ayudaron a mantener la funcionalidad de los PSS. Los resultados de funcionalidad indican que la CDM y músculo pueden almacenarse a $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ por un mes o cuatro meses y conservar sin cambio aparente la funcionalidad de los productos.

Los valores de absorción de los productos de CDM mostraron un menor contenido de miofibras en relación a las PSS de la carne. En estas últimas fueron detectadas isoformas de mioglobina y al parámetro de las mismas que determinan la diferencia de FG entre músculo, blancos y oscuros.

La carne blanca presentó un contenido de proteína, grasa y ceniza de 20.8, 1.87 y 0.92% respectivamente. Mientras que para la carne oscura fueron de 18.98, 3.01 y 0.80% respectivamente. En cuanto a las CDM obtenidas, en el laboratorio, presentaron un 11.6% de proteína, 28.14% de grasa y 0.87% de calcio. Por lo tanto, el contenido de proteína, grasa y calcio fue de 14.53, 17.45 y 0.06%, respectivamente, presentando todas diferencias significativas ($p < 0.05$).

INTRODUCCION

La producción de carne de aves en nuestro país ha sido de gran importancia en los últimos años. Hasta Octubre de 1995 la producción de carne de aves fue de 1,090,507 ton, comparable a las 1,226,356 ton de carne de bovino producidas hasta la misma fecha (Sagar, 1995). La carne de aves se comercializa como producto fresco/congelado de aves enteras o despiezadas con o sin hueso. En el último caso, los huesos resultantes del deshuesado manual pueden aprovecharse para producir un tipo de materia prima muy utilizada por la industria cárnica, la carne deshuesada mecánicamente (CDM), en la que se incluye la de pavo. Esta representa una de las principales fuentes de proteínas diferente, en cierta manera, a las tradicionales, la cual es incorporada en productos emulsificados dada sus características de textura (Hoogenkamp, 1987).

La industria dedicada a la producción de CDM, comercializa el producto en forma congelada. Esta condición perdura hasta que la materia prima es distribuida para su posterior utilización en la elaboración de algún producto. El tiempo que la CDM permanece en congelación desde su producción hasta su comercialización, oscila entre tres y cinco meses (Smith, 1987).

Dadas las características químicas de la CDM, es factible su deterioro químico y microbiológico si no se toman las medidas adecuadas para su conservación (Bourgeois y LeRoux, 1986). Es conocido que el almacenamiento de la CDM por largos periodos en

congelación causa una disminución en su calidad, sin embargo el uso de antioxidantes minimiza los procesos oxidativos que pudieran llevarse a cabo (Smith, 1987). Controlando estos tipos de procesos indeseables en la CDM, es posible minimizar el daño que pudiera afectar a la funcionalidad de las proteínas. La calidad de las proteínas es por lo tanto el punto principal que hay que considerar cuando se pretende elaborar un producto.

Las proteínas de la fracción miofibrilar, son las de mayor importancia tecnológica y las que determinan gran parte de la calidad del producto terminado (Acton y Dick, 1988; Sharp y Offer, 1992). Las propiedades funcionales más importantes que presentan las proteínas miofibrilares son la solubilidad, capacidad de gelificación, capacidad de retención de agua y capacidad de emulsificar grasas (Whiting, 1988; Xiong, 1994).

Cunningham y Froning (1972) reportaron que existen diferencias en la funcionalidad de las proteínas miofibrilares de una especie animal a otra y aún dentro de una misma especie, dependiendo del músculo del cual se extraigan las proteínas. Se ha visto que la carne de pavo presenta diferentes características físicas y propiedades funcionales de las proteínas dependiendo de la región anatómica. La parte de la pechuga es una carne blanca y sus proteínas poseen mejor funcionalidad que la carne oscura de la pierna (Smith, 1987; Fogedding, 1987; Xiong, 1994).

Es posible obtener la carne de pavo deshuesada mecánicamente (CDM) de diferentes regiones anatómicas y evaluar la calidad tanto de la CDM como de sus proteínas. Es posible conocer también cual es el efecto de las condiciones de almacenamiento utilizadas por la industria, sobre la calidad de las proteínas y estimar cual

es la región anatómica que proporciona una CDM de mayor calidad y con un potencial de uso mayor.

El objetivo de este trabajo es el de determinar la funcionalidad de las proteínas solubles en solución salina (PSS) de la carne de pavo deshuesada mecánicamente obtenida de diferentes regiones anatómicas y comparar ésta con la funcionalidad de las PSS de la carne oscura de la pierna y blanca de la pechuga y ala. Se pretende también evaluar la funcionalidad de las PSS de carne y CDM almacenadas durante cuatro meses a $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$. También determinar la composición química de cada una de las muestras, y efectuar un estudio de los patrones proteicos por medio de electroforesis.

ANTECEDENTES BIBLIOGRAFICOS

Separación Mecánica de la Carne de Aves

En cualquier industria donde se realiza el despiece manual de carne de aves, cierta cantidad de carne queda firmemente adherida a los huesos después de que los principales cortes han sido removidos. Recuperar esta carne en forma manual implicaría altos costos de producción, sin embargo, existen equipos capaces de separar este tipo de carne. La carne de aves deshuesada mecánicamente (CDM) es un término utilizado para describir la carne obtenida a partir de esqueletos y cuellos de aves, mediante equipos especiales (Froning, 1976; Crosland *et al.*, 1995)

El proceso de separación es muy sencillo: el esqueleto y cuellos de aves son triturados o sometidos a altas presiones y forzados a pasar a través de una malla o tamiz en la máquina separadora. El músculo o cualquier otro tejido comestible pasan por los orificios de la malla, mientras que las partículas de hueso, con excepción de cantidades muy pequeñas, no pasan. La porción de hueso es desviada por un lado y la CDM sale de la máquina como un producto tipo pasta, finamente molido (Froning, 1981).

El deshuesado mecánico de la carne de aves comenzó en los años 60's con el desarrollo de la máquina Paoli. Desde entonces se han utilizado otros equipos con este fin (Froning, 1976).

En el mercado existen diferentes tipos de equipos para la separación mecánica de la carne, entre los que se encuentran las máquinas Beehive, Bibun, Prince, Paoli y otras (Froning, 1976). Los procedimientos de separación adoptados por cada empresa son variados y característicos, sin embargo es posible clasificarlos en dos categorías: (1) máquinas de operación continua con separación carne/hueso por procedimientos de presión mecánica; y, (2) máquinas de operación discontinua con separación carne/hueso por procedimientos de presión hidráulica (Bourgeois y LeRoux, 1986; Crosland *et al.*, 1995)

Separación por Presión Mecánica y Operación en Continuo

Los equipos de ésta categoría se caracterizan por una alimentación continua de la materia prima. Esta se somete a un pre-triturado para facilitar el tratamiento en el separador. La separación de partes duras/partes suaves se hace por expulsión de estas últimas a través de un filtro, bajo el efecto de una presión mecánica ejercida en la materia prima por ciertas piezas específicas de la máquina (Bourgeois y LeRoux, 1986).

Los equipos Paoli, Beehive, Prince, Bibun, entre otros, funcionan por presión mecánica y alimentación continua de la materia prima. A continuación se describe el funcionamiento de la máquina paoli. El principio de operación de éste equipo es básicamente el mismo a los otros pertenecientes a esta categoría (Froning, 1976).

Los elementos que constituyen a los separadores Paoli se muestran en la figura 1. El principio del funcionamiento es sencillo. Cuando la materia prima es introducida en

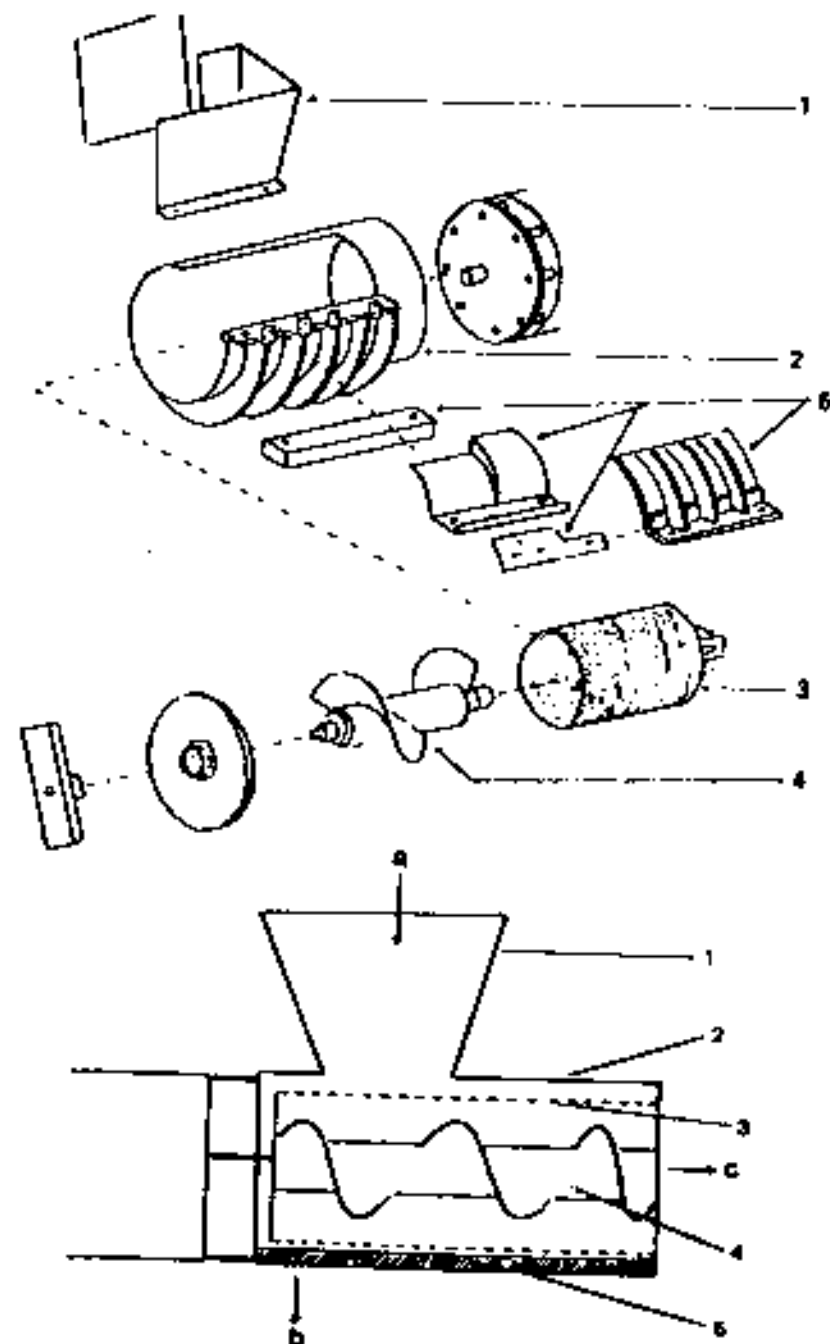


Figura 1. Máquina Paoli donde se presentan las piezas por separado y estructura simplificada en corte. (1) tolva de alimentación, (2) coraza de protección, (3) cilindro separador, (4) tornillo de evacuación de la carne separada, (5) parte del elemento que asegura el comprimido de la materia prima, (a) triturado, (b) carne, (c) deshechos.

Fuente: Bourgeois y LeRoux (1986).

el separador, es captada por la superficie externa del cilindro, la presión aumenta, provocando que la carne sea expulsada al interior del cilindro. Debido a las espirales helicoidales grabadas en la superficie externa, la materia prima puede pasar varias veces bajo los elementos de presión. La materia residual termina siendo expulsada por un lado de la máquina. En el interior del cilindro, un tornillo espiral lleva la carne separada al otro extremo del separador (Bourgeois y LeRoux, 1986).

Los equipos Bibun utilizan un separador que consiste de una banda de hule para forzar la carne a través de un tamiz y un filtro para la separación de las partículas de hueso. El equipo Prince, que es una modificación del Bibun, utiliza un tamiz estacionario con un raspador rotatorio interno. El equipo Baader tiene un funcionamiento muy similar a la máquina Bibun. En la figura 2 se muestran las partes que componen al equipo Baader. El funcionamiento de este separador es sencillo. Los huesos triturados recuperados por la banda de hule sufren una presión creciente entre ésta y el cilindro. La carne que va al interior del cilindro es evacuada por un tornillo sin fin, mientras que los desechos recuperados por un aserrador en el cilindro, son evacuados por la banda de hule. La presión de la banda se ajusta según el rendimiento y calidad de la carne deseados (Froning, 1976; Bourgeois y LeRoux, 1986).

Separación por Presión Hidráulica y Operación Discontinua

Los equipos de esta categoría se caracterizan por una alimentación discontinua de la materia prima a los componentes del separador. En este tipo de separación no es

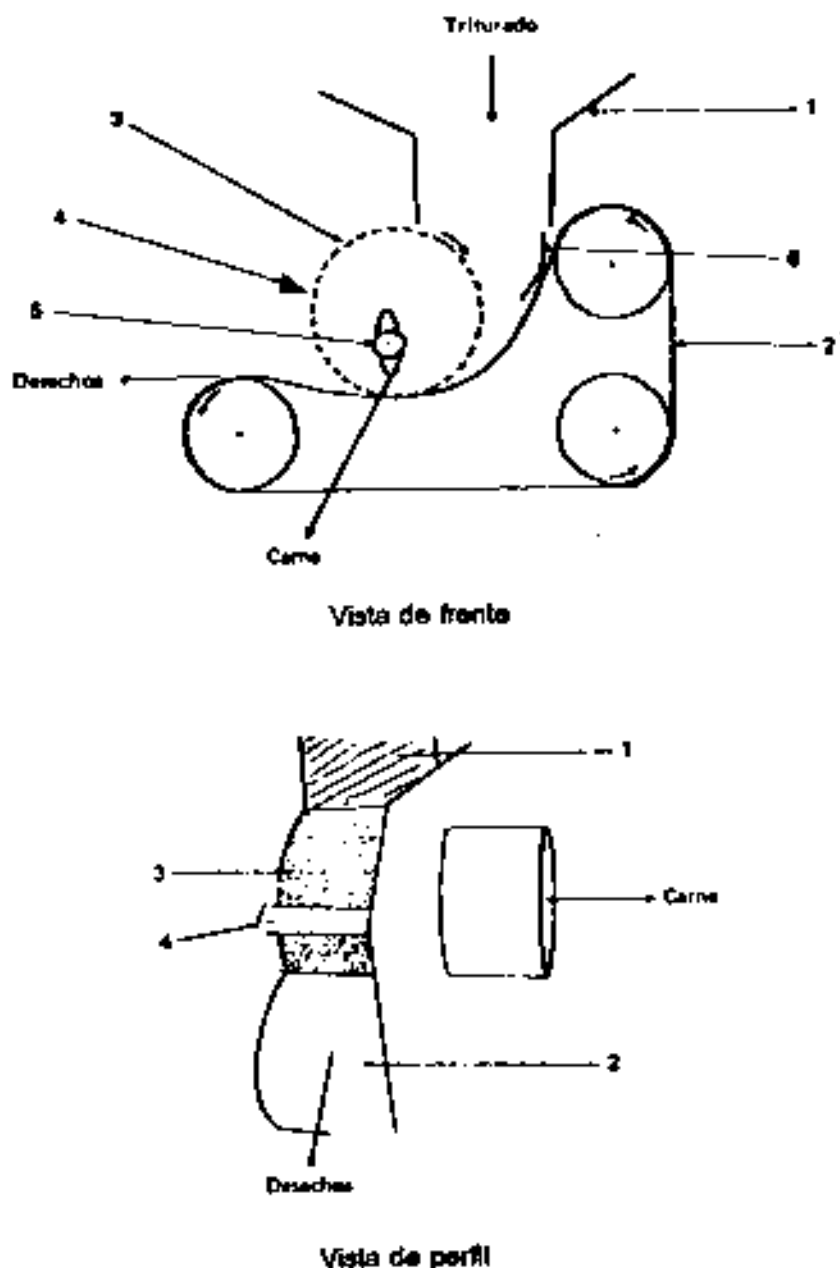


Figura 2. Piezas que componen a la máquina Baader. (1) tolva de alimentación, (2) banda de hule, (3) cilindro separador, (4) aserrador, (5) tornillo de evacuación de la carne separada, (6) sensor que interrumpe el funcionamiento de la máquina al faltar la materia prima.

Fuente: Bourgeois y LeRoux (1986).

necesario el pre-triturado de la materia prima. Durante la separación, los huesos son introducidos en una cámara de compresión, donde un pistón hidráulico les provoca una fuerte presión en un tiempo determinado. Bajo el efecto de esta presión, la carne adherida al hueso es separada y expulsada por un sistema de filtros. Cuando el efecto de presión ha concluido, el pistón empuja los desechos hacia el exterior, iniciándose un nuevo ciclo. El ajuste de estas máquinas se lleva a cabo según el rendimiento y calidad de la carne separada requerida, modificando la presión ejercida, el tiempo de presión y cantidad de materia prima por ciclo (Bourgeois y LeRoux, 1986).

Los equipos que pertenecen a esta categoría son los separadores MRS de Protecon, MRS de Kartrigd Pak e Inject Star. Estos poseen ligeras variantes entre si, pero básicamente funcionan bajo el mismo principio descrito anteriormente. La figura 3 y 4 muestran las partes que componen los equipos MRS de Protecon e Inject Star, respectivamente.

El funcionamiento de la máquina MRS de Protecon es el siguiente: la materia prima es empujada mediante un pistón hacia la cámara de compresión. El pistón es desplazado aproximadamente en siete segundos para cubrir 2/3 partes de la cámara de compresión, donde se ejerce la máxima presión durante 1 a 12 segundos. La carne es expulsada hacia adelante a través de los filtros, hacia atrás mediante el filtro del elemento "guillotina" y hacia los lados por el filtro del pistón. Al disminuir la presión, el elemento "guillotina" se eleva y el pistón avanza otra vez empujando el bloque de desechos hacia el exterior por la tubería de evacuación.

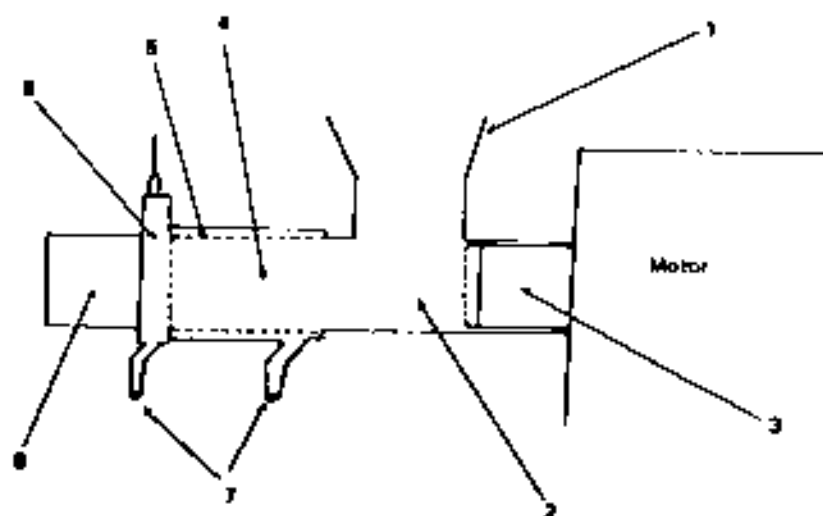


Figura 3. Elementos que componen a los equipos MRS de Protecon. (1) tolva de alimentación, (2) cámara de alimentación, (3) pistón hidráulico, (4) cámara de compresión, (5) cilindro filtrante, (6) elemento "guillotina", (7) conductos de evacuación de la carne separada, (8) conductos de evacuación de deshechos.

Fuente: Bourgeois y LeRoux (1986).

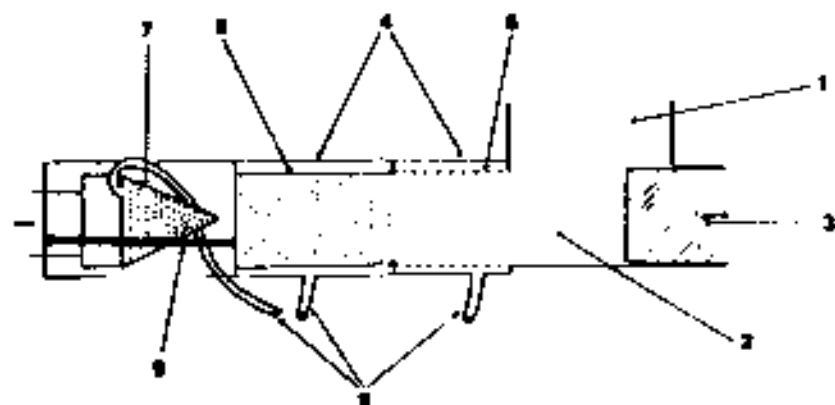


Figura 4. Partes que componen a los equipos Inject Star. (1) tolva de alimentación, (2) cámara de alimentación, (3) pistón hidráulico, (4) cámara de compresión, (5) cilindro perforado, (6) filtros cilíndricos, (7) cono móvil, (8) conductos de evacuación de la carne separada, (9) soportes que ejercen presión en la cámara de compresión.

Fuente: Bourgeois y LeRoux (1986).

El funcionamiento del equipo Inject Star es el siguiente: el pistón avanza por la cámara de compresión y empuja la materia prima contenida en ella. La presión inicial ejercida en la primera parte de la cámara, permite la expulsión de carne a través de las perforaciones del cilindro y su posterior evacuación por el tubo correspondiente. El avance del pistón por la segunda parte de la cámara, termina la expulsión de carne por las ranuras del cilindro filtrante y del cono. La presión máxima se mantiene por 5 a 10 segundos. Cuando el cono es retirado, empuja los deshechos, los cuales caen en un recipiente colocado por debajo de la máquina (Bourgeois y LeRoux, 1986).

Composición Química de la Carne Deshuesada Mecánicamente (CDM)

La composición química de la CDM es muy variable ya que depende de la materia prima utilizada y del tipo de maquinaria o funcionamiento de ésta. El Cuadro 1 muestra la composición química de la carne de pavo deshuesada mecánicamente y su comparación con los datos de la carne deshuesada manualmente. En ambos casos se reportan los valores máximos y mínimos obtenidos.

Dependiendo de la materia prima utilizada, el contenido de grasa y calcio puede variar considerablemente. La grasa aumenta si son utilizados huesos cuyo contenido de médula ósea es elevado, por ejemplo de huesos largos (Moerck y Ball, 1973). También aumenta si la materia prima es rica en piel, según Satterlee *et al.* (1971), quienes

Cuadro 1. Composición Química de la Carne de Pavo y Carne Deshuesada Mecánicamente.

	CDM ¹ (%)	Carne (%)
Humedad	56-75	73-74
Grasa	6-30	2-5
Proteína	11-19	22-27
Ceniza	0.9-1.45	0.8
Calcio	0.12-0.17	0.023
Hueso	0.12-0.95	-

Tomado de Bourgeois y LeRoux (1986).

¹Carne de pavo deshuesada mecánicamente

estudiaron el efecto del contenido de piel en la materia prima sobre la CDM obtenida. Estos autores encontraron que el contenido de grasa en la pasta aumenta linealmente con el contenido de piel en la materia prima, mientras que el contenido de humedad tiene un comportamiento inverso.

El calcio es un elemento que proviene de la fragmentación de los huesos durante la obtención de la CDM. Su contenido en el producto final varía dependiendo de la materia prima utilizada y del tipo o funcionamiento de la máquina separadora. Los huesos provenientes de animales de edad avanzada presentan una mayor calcificación que los huesos de animales jóvenes, por lo que son más duros y quebradizos. Estos últimos son fragmentados en partículas más finas y pueden pasar a través de los filtros y enriquecer la carne obtenida. Por otro lado, los huesos esponjosos liberan menos partículas finas que

los duros y los huesos frescos son menos quebradizos que los conservados en frío o congelación (Bourgeois y LeRoux, 1986).

En cuanto al tipo de maquinaria, aquellas de trabajo continuo requieren de un triturado intenso de los huesos, por lo que se obtiene una CDM con mayor contenido de calcio. Esto no sucede con una máquina de operación de funcionamiento discontinuo, en la cual los huesos son sólo parcialmente triturados. Con respecto a lo anterior, Crosland *et al* (1995) compararon la composición química de CDM de pavo obtenida con dos máquinas separadoras diferentes: la Yieldmaster que es de operación continua e involucra el triturado de los huesos, contra la Protecon que es de operación discontinua y somete a los huesos a altas presiones. En este estudio, los investigadores encontraron un mayor contenido de ceniza y calcio (1.39% y 516.2 mg/100 g respectivamente) en la CDM obtenida con la máquina Yieldmaster, mientras que la CDM obtenida con el equipo Protecon resultó con un contenido de ceniza y calcio de 0.78% y 34.2 mg/100 g, respectivamente

Oxidación de Lípidos en Carne Deshuesada Mecánicamente (CDM)

La oxidación de los lípidos en CDM es un factor muy importante que se debe de tomar en cuenta cuando se pretende almacenarla por períodos largos de tiempo. La CDM posee un alto contenido de ácidos grasos insaturados, por lo que es muy susceptible a la oxidación (Bourgeois y LeRoux, 1986).

La oxidación de los lípidos produce compuestos muy reactivos, como los peróxidos, que pueden reaccionar con las proteínas provocando una disminución en el valor nutricional del alimento y en las propiedades funcionales como la solubilidad, gelificación, retención de agua y emulsificación de grasas (MacNeil *et al.*, 1979; Smith, 1987).

La incorporación de CDM en productos emulsificados puede disminuir la calidad de producto terminado, debido a que puede inducir el deterioro oxidativo de los lípidos presentes. Lo anterior puede acentuarse si en la formulación del producto se utiliza CDM que ha permanecido en condiciones inadecuadas de congelación. Froning *et al.* (1971), encontraron que la adición en salchichas del 15% de CDM congelada durante 3 meses, resultó en un producto de menor calidad al compararlo con un control, según el panel de prueba y los valores de ácido tiobarbitúrico (TBA).

En base a lo anterior, la utilización de CDM en productos procesados requiere de la adición de antioxidantes con el fin de proteger al producto de los cambios oxidativos y evitar pérdidas económicas.

Los antioxidantes utilizados comúnmente son: el butilhidroxianisol (BHA) y butilhidroxitolueno (BHT). Se ha comprobado que la efectividad de los antioxidantes aumenta cuando se combinan entre ellos, es decir, existe un efecto sinérgico. La mezcla BHA, BHT y galato de propilo ha mostrado ser más efectiva que cualquiera de ellos en forma individual. Estos antioxidantes pueden utilizarse en combinación con otros

compuestos como algunos ácidos con propiedades quelantes, tales como el ácido fosfónico, cítrico y ascórbico (Badui, 1984).

En un estudio realizado por Barbut *et al.* (1985), utilizaron una mezcla comercial de BHA, BHT y ácido cítrico en productos que contenían CDM y encontraron una alta estabilidad del producto a través del tiempo de almacenamiento en refrigeración a 4 °C. Smith (1987) determinó la oxidación de lípidos en CDM y carne manualmente deshuesada mediante la reacción de TBA. El estudio lo realizó almacenando muestras en congelación a -20 °C durante 26 semanas. Además, utilizó una mezcla de antioxidantes, la cual consistió en BHA, galato de propilo y ácido cítrico. Sus resultados demuestran que tanto la CDM como la carne deshuesada manualmente son bastante estables al final del almacenamiento.

Utilización de Carne Deshuesada Mecánicamente en Productos Cárnicos

Una manera de consumir la carne de aves es en forma de productos procesados como las bolonias y salchichas. A estos productos se les puede incorporar la CDM con el fin de reducir costos, manteniendo las mismas características de calidad en el producto. Actualmente es difícil conocer cual es la cantidad de CDM que se utiliza en la industria para la elaboración de productos, debido a que son industrias privadas que protegen su formulación. Además la formulación cambia dependiendo de los costos de los ingredientes.

El uso de CDM en productos cárnicos es una buena alternativa para el procesador. Los bajos costos de la CDM repercuten en el valor del producto terminado. En estudios realizados por Barbut *et al.* (1984), mencionan que los costos de producción en la elaboración de embutidos con carne de pavo deshuesada mecánicamente, son mucho menores que los costos para elaborar un producto similar con otro tipo de carne. Sin embargo, como lo reportan estos mismos autores, se modifican algunas características físicas y organolépticas, como el color, apariencia visual, jugosidad y firmeza, dependiendo del porcentaje de CDM utilizada en la elaboración del producto.

Una desventaja que tiene la CDM para ser utilizada en productos cárnicos, es la falta de fibras musculares. Cuando la mayor parte del producto está constituido por CDM, produce un cambio en la textura, manteniéndose suave y pastoso provocando una sensación diferente a la que el consumidor está acostumbrado cuando consume este tipo de productos (Hoogenkamp, 1987).

Barbut *et al.* (1985), encontraron que la utilización del 100% de CDM de pavo en un embutido resultó con una textura blanda e inaceptable. Muestras de este producto exhibieron un valor muy bajo en la prueba de fuerza de corte, 0.7 kg/g, y una firmeza muy pobre, 3.4. Esta última fue evaluada por un panel entrenado utilizando una escala hedónica de 1 a 9, donde 1 es extremadamente blando y 9 es extremadamente firme. Estos valores se mejoraron considerablemente en el producto con la adición del 65% de carne deshuesada manualmente, presentando una fuerza de corte de 1.19 kg/g y una

firmeza de 5.2. Estos autores mencionan que los bajos valores de firmeza en el producto con 100% de CDM se debió a la falta de fibras musculares.

Froning (1970) encontró que los productos tipo salchicha elaborados con CDM de pavo tienen menos estabilidad en la emulsión que aquellos que contienen carne deshuesada manualmente. La estabilidad de la emulsión la midió utilizando un tubo sellado, el cual contenía la emulsión y sometiéndola a cocción hasta los 69 °C, registró la cantidad de grasa separada de la emulsión. A mayor cantidad de grasa separada, menor estabilidad de la emulsión. Las emulsiones preparadas con CDM tuvieron menor cantidad de proteínas, 13.73% que las emulsiones con carne deshuesada manualmente, 20.91%. Las emulsiones con CDM presentaron glóbulos de grasa de mayor tamaño al observar muestras bajo el microscopio. Froning concluye que el alto contenido de grasa y la menor cantidad de proteínas en la CDM son factores que provocan una disminución de la estabilidad en emulsiones con CDM.

La utilización de CDM en productos emulsificados puede realizarse en forma fresca o cuando ésta ha permanecido bajo condiciones de congelación. Froning *et al.* (1971) reportan que el uso de la CDM almacenada en congelación a -24 °C por tres meses y mezclada con carne roja, provoca en el producto elaborado un sabor inferior a un producto similar preparado con CDM fresca, según el panel de prueba. Sin embargo, Dhillon y Maurer (1975) elaboraron una salchicha altamente aceptable, formulada con CDM almacenada en congelación a -20 °C durante seis meses. En este tipo de estudios

es muy importante considerar la calidad de la materia prima. Las investigaciones anteriores no proporcionan datos que se refieran a la calidad de la CDM.

La utilización de CDM generalmente es en forma congelada y el tiempo de almacenamiento en congelación, según Smith (1987), puede ser de hasta seis meses a -20°C . El almacenamiento por largos periodos de tiempo puede provocar daños a las proteínas si no se toman las medidas adecuadas. La calidad de las proteínas es una de las variables que se deben de tomar en consideración cuando se pretende elaborar algún producto. De las proteínas del músculo, la fracción miofibrilar es la más importante, ya que determina gran parte de la calidad final del producto (Ziegler y Acton, 1984; Xiong, 1994).

Músculo y Fibras Musculares

El músculo consiste de fibras bien estructuradas, membranas celulares, miofibrillas, mioglobina, enzimas y otros componentes celulares (Xiong, 1994). Los músculos de aves se distinguen por contener diferentes tipos de fibras en diferentes regiones anatómicas. Estas diferencias son en color, estructura, composición química y propiedades bioquímicas (Xiong, 1993). La clasificación de las fibras musculares se realiza tomando en base a algunas características como son: color, velocidad de contracción y propiedades bioquímicas (Xiong, 1994).

Clasificación de las Fibras Musculares.

El método subjetivo más ampliamente utilizado para clasificar un músculo se basa en la intensidad del color, el cual está relacionado con la cantidad de mioglobina presente. De esta manera se tienen a los músculos rojos y blancos. Un ejemplo de ellos son los músculos de la pierna de pavo, los cuales son clasificados como rojos, mientras que los de la pechuga son clasificados como blancos (Xiong, 1993).

Generalmente los músculos de los animales no están formados por fibras homogéneas, sino que son mezclas de las diferentes fibras en varias relaciones (Xiong, 1994). Así, pueden clasificarse a los músculos como rojos, blancos e intermedios. Algunas características de éstos de músculos se muestran en el Cuadro 2.

Un método que también es muy utilizado para clasificar los músculos, se basa en la velocidad de contracción. De esta manera pueden ser clasificados como de contracción rápida y contracción lenta. Los primeros responden rápidamente a estímulos, mientras que los segundos lo hacen lentamente (Xiong, 1994). Otra clasificación se basa en las propiedades bioquímicas del músculo, tal como la velocidad de respiración. Esta clasificación da lugar a tres tipos de músculos: (1) oxidativo de contracción lenta o tipo I, (2) oxidativo de contracción rápida o tipo IIA, y (3) glucolítico de contracción rápida o tipo IIB (Ashmore, 1974).

Cuadro 2. Características de Fibras Musculares Rojas, Intermedias y Blancas en Aves y Animales Domésticos.

Característica	F. Roja	F. Intermedia	F. Blanca
Color	Rojo	Rojo	Blanco
Contenido de mioglobina	Alto	Alto	Bajo
Diámetro de la fibra	Pequeño	Pequeño-Intermedio	Grande
Velocidad de contracción	Lento	Rápido	Rápido
Número de mitocondrias	Alto	Intermedio	Bajo
Densidad Capilar	Alta	Intermedia	Baja
Metabolismo Oxidativo	Alto	Intermedio	Bajo
Metabolismo Glucolítico	Bajo	Intermedio	Alto
Contenido de Lípidos	Alto	Intermedio	Bajo
Contenido de Glucógeno	Bajo	Alto	Alto

Fuente: Forrest *et al.* (1975).

Proteínas Musculares

Las proteínas musculares son generalmente clasificadas como sarcoplásmicas, del estroma y miofibrilares en base a su solubilidad en solventes acuosos. En el músculo, las proteínas sarcoplásmicas constituyen el 30-35% del total de las proteínas, mientras que las proteínas miofibrilares representan el 50-55% del total. El resto, 10-15% constituye la fracción del estroma (Morrissey *et al.*, 1987)

Proteínas Sarcoplásmicas

Las proteínas sarcoplásmicas son solubles en soluciones de baja fuerza iónica, $\mu < 0.1$. A esta categoría pertenecen también las proteínas mioglobina y la fracción llamada miógeno, la cual incluye a muchas enzimas glucolíticas.

Las proteínas sarcoplásmicas tienen algunas propiedades físicas y químicas en común. Son de forma globular y tienen baja viscosidad, baja capacidad de retención de agua, pesos moleculares entre 20 y 100 kDa y punto isoeléctrico entre 6.0 y 7.0 (Morrissey *et al.*, 1987).

Proteínas del Estroma

Las proteínas del estroma no presentan solubilidad en agua, soluciones diluidas de ácidos y álcalis ni en soluciones salinas. Las proteínas principales de este grupo son el colágeno (40-60%) y la elastina (10-20%). Estas proteínas son conocidas también como proteínas del tejido conectivo (Hashimoto *et al.*, 1979).

Proteínas Miofibrilares

Las proteínas miofibrilares son aquellas que participan en el proceso de contracción muscular. Estas proteínas son solubles en soluciones salinas de alta fuerza iónica ($\mu > 0.4$). Las principales proteínas de este grupo son la miosina, actina, tropomiosina, troponina y α -actinina. La figura 5 muestra la estructura del sarcómero y la localización de las principales proteínas miofibrilares.

Las proteínas miofibrilares constituyen alrededor del 50-55% del total de las proteínas contenidas en el músculo (Forrest *et al.*, 1975; Ziegler y Acton, 1984). Estas proteínas, principalmente la miosina, son las que determinan la funcionalidad en los productos cárnicos procesados.

Dentro de las proteínas miofibrilares, la miosina (50-55%) y la actina (20-25%) son las más importantes y las que más han sido estudiadas. El resto de las proteínas representan el 20-25% y aunque no son importantes en determinar la funcionalidad en los productos cárnicos, éstas pueden influenciar la función de la miosina. La actina realza la rigidez de los geles de miosina cuando la proporción miosina/actina es de 15:1 (Ishioroshi *et al.*, 1980). Además se ha visto que la proteína C tiene un efecto negativo en la fuerza de gel de la miosina (Xiong, 1994).

Una descripción general de las proteínas miofibrilares más importantes, ayudará a comprender los eventos llevados a cabo cuando se desarrollan las propiedades funcionales.

Miosina. La miosina es una proteína de aproximadamente 500 kDa que contiene seis subunidades (figura 6). La molécula de miosina es de aproximadamente 150 nm de longitud, con un diámetro de 8 nm en la región globular y alrededor de 1.5-2.0 nm en la región de la α -hélice. La molécula de miosina consta de dos cadenas pesadas de aproximadamente 220 kDa y cuatro cadenas ligeras que van de 14 a 20 kDa (Pearson y Young, 1989). Las cadenas ligeras de la miosina pueden clasificarse como esenciales y regulatorias. Además pueden ser nombradas de acuerdo a su peso molecular o a las condiciones empleadas para su extracción (Pearson y Young, 1989). La región globular de la molécula conocida como "cabeza" tiene propiedades hidrofóbicas, mientras que el resto de la molécula, semejante a una barra, conocida como "cola", tiene propiedades hidrofílicas (Jones, 1984).

La cadena ligera de 18 kDa es comúnmente llamada DTNB debido a que se libera cuando la molécula de miosina nativa es tratada con este compuesto. La remoción de esta cadena de la molécula de miosina no cambia sus propiedades físicas y químicas, pero se conoce que está involucrada en la regulación de la actividad de la miosina nativa durante la contracción, afectando su capacidad para ligar iones calcio (Morrissey *et al.*, 1987). Las cadenas ligeras de 25 kDa y 16 kDa son nombradas álcali 1 y álcali 2, respectivamente, por que se liberan de la molécula nativa de miosina, cuando ésta es tratada en condiciones alcalinas a pH 11. Estas cadenas son consideradas esenciales en la miosina para llevar a cabo su actividad ATPasa y enlazar a la actina (Pearson y Young, 1989; Bárány *et al.*, 1995).

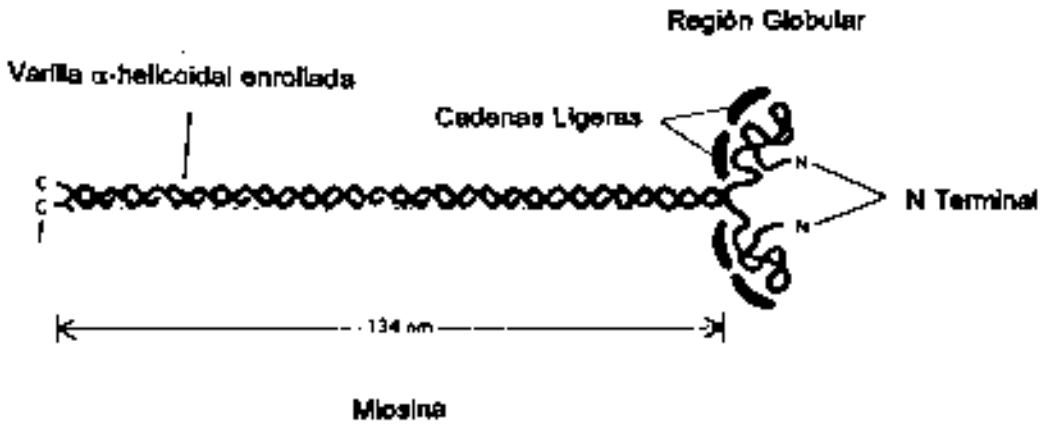


Figura 6. Molécula de miosina nativa donde se presenta la longitud aproximada y el arreglo general con las dos cabezas globulares, las cadenas ligeras y la parte de la cola.

Fuente: Pearson y Young (1989).

En la molécula de miosina siempre estarán presentes dos cadenas ligeras DTNB o regulatorias y dos esenciales, ya sean álcali 1 ó álcali 2, pero no ambas dentro de una misma molécula. Del total de las moléculas de miosina en el músculo, aproximadamente el 50% contiene dos cadenas ligeras álcali 1, también llamadas LC1 (25 kDa) y dos DTNB, también llamadas LC2 (18 kDa). El 50% restante contiene dos álcali 2, también llamadas LC3 (16 kDa) y dos DTNB, como se observa en la figura 7 (Morrissey *et al.*, 1987).

Subunidades proteolíticas de la miosina. Cuando la molécula de miosina es tratada enzimáticamente, se originan varios subfragmentos (figura 8) Si se trata con tripsina o quimiotripsina, se origina la meromiosina pesada (MMP) y meromiosina ligera (MML). La primera contiene las cabezas globulares, por lo tanto conserva la actividad ATPasa y capacidad de unirse a la actina. Si la MMP es tratada de nuevo enzimáticamente con papaina, se producen dos nuevos fragmentos, el subfragmento 1 (S-1) y el subfragmento 2 (S-2). El subfragmento S-1 es el que conserva la actividad ATPasa y la capacidad de enlazar a la actina.

Si inicialmente, la molécula nativa es tratada con papaina, se originan los subfragmentos S-1 y la parte de la cola de la molécula. Esta última puede originar a la MML y el S-2 si se trata con tripsina o quimiotripsina (Pearson y Young, 1989).

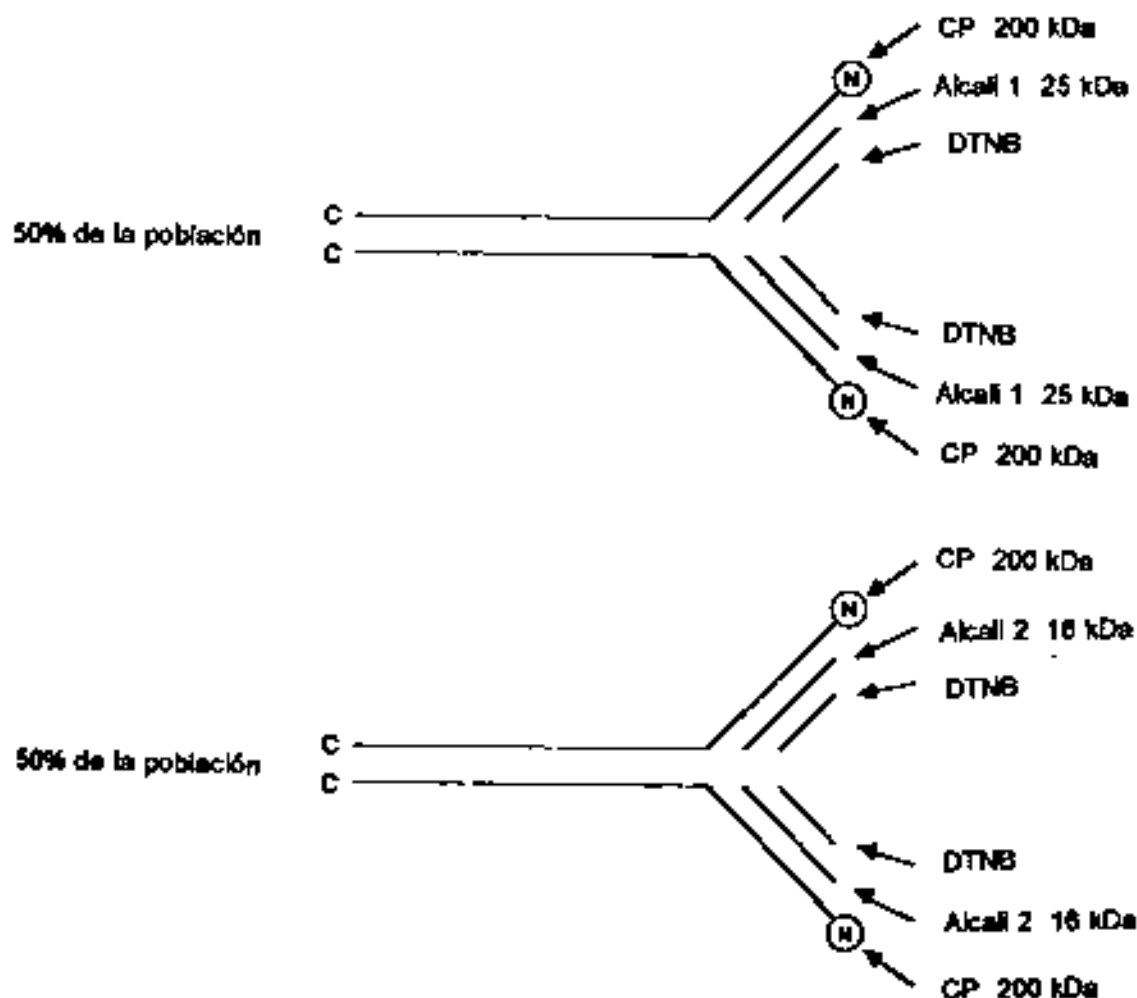


Figura 7. Descripción esquemática de la distribución de las cadenas ligeras en moléculas de miosina. 50% de la población poseen dos cadenas ligeras alcalí 1 y dos regulatorias. El otro 50% contiene dos cadenas ligeras alcalí 2 y dos regulatorias.

Fuente: Pearson y Young (1989).

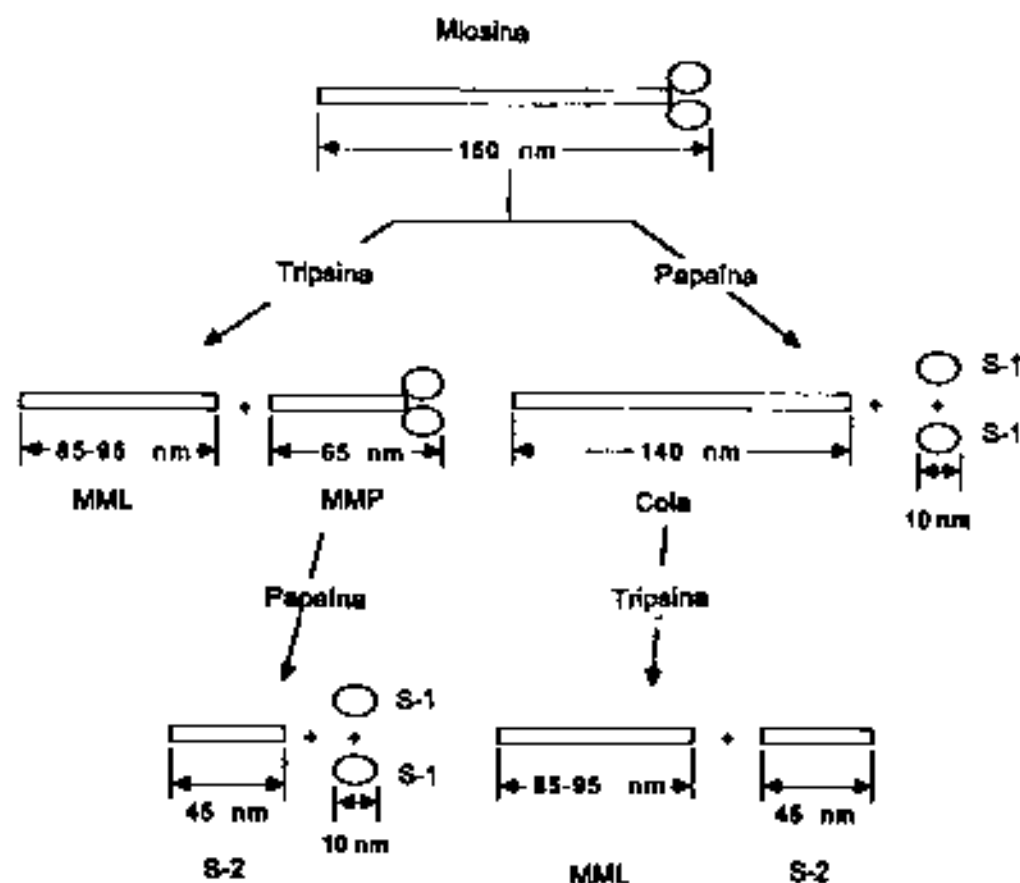


Figura 8. Hidrólisis enzimática de la molécula de miosina donde se presentan la meromiosina pesada (MMP), meromiosina ligera (MML), la cola, subfragmentos S-1 y subfragmento S-2.

Fuente: Pearson y Young (1989).

Actina. La actina es una molécula de aproximadamente 42 kDa, cuyo diámetro es de 5.0 nm. La molécula de actina, llamada actina G, interactúa con otras moléculas para formar un filamento de actina llamado actina F. Este es el componente principal dentro del filamento delgado en la miofibrilla e involucrado en la contracción-relajación muscular (Forrest *et al.*, 1975). Todos los polímeros de actina F *in vivo* (filamento delgado) son exactamente de 1.0 μm de longitud. El mecanismo que controla la longitud del filamento es aún desconocido. Se cree que ciertas proteínas como la β -actinina, la cual está presente en pequeñas cantidades en el tejido muscular, controla la longitud del filamento delgado, pero esto es aún incierto. Cuando la actina F es formada *in vitro*, la longitud del filamento es al azar (Morrissey *et al.*, 1987).

La actina forma un complejo con la miosina, llamado actomiosina, durante la contracción. Este complejo se presenta en forma reversible durante los ciclos de contracción-relajación muscular.

Tropomiosina. La tropomiosina consiste de dos cadenas polipeptídicas de aproximadamente 33 kDa (Bárány *et al.*, 1995). Estas dos cadenas conocidas como α y β tienen el mismo número de aminoácidos pero con algunas diferencias en su composición. La proteína nativa tiene un peso aproximado de 64 kDa. Tradicionalmente se reporta que los pesos moleculares de la α y β -tropomiosina son de 34 y 36 kDa respectivamente (Pearson y Young, 1989).

Las interacciones tropomiosina y el complejo troponina dentro del músculo, regulan los procesos de contracción-relajación muscular. Estas proteínas están a lo largo del filamento delgado. Cuando el ion calcio se libera del retículo sarcoplásmico, se une al complejo troponina, específicamente a la troponina C, ocasionando cambios conformacionales que causan ligeros movimientos en la tropomiosina, dejando al descubierto los sitios reactivos de la actina que pueden interactuar con la miosina para formar el complejo actomiosina y dar inicio a la contracción muscular (Murray y Weber, 1974).

Troponina. La molécula de troponina nativa tiene un peso aproximado de 80 kDa. Como se mencionó anteriormente, la troponina, junto con la tropomiosina forman parte de los procesos de regulación de la contracción y relajación muscular.

La troponina nativa consta de tres subunidades cuyos pesos moleculares aproximados son de 18, 25 y 37 kDa. Estas tres subunidades son nombradas troponina C (TN-C), troponina I (TN-I) y troponina T (TN-T), respectivamente (Bárány *et al.*, 1995). La TN-C tiene la habilidad de ligar iones calcio. La TN-I tiene la capacidad de inhibir la interacción entre la actina y miosina. La TN-T es la subunidad que liga al complejo troponina a la tropomiosina (Pearson y Young, 1989).

En el Cuadro 3 se muestran las proteínas miofibrilares, su peso molecular y localización dentro de la miofibrilla. Además de las proteínas anteriormente descritas, se

Cuadro 3. Localización de las principales proteínas miofibrilares y peso molecular.

Proteína	*PM (kDa)	Localización en la miofibrilla
Miosina	500	Filamento grueso (FG)
Actina	42	Filamento delgado (FD)
Tropomiosina	64	Alrededor del FD y asociado con la actina y troponina
Troponina	80	Alrededor del FD y asociado con la tropomiosina
Titina	700-1000	Desde la línea N_2 , por todo el FG, excepto el área que rodea la línea M
Nebulina	500	En las líneas N_2
α -actinina	200	En la línea Z
β -actinina	71	Al final del FD a la altura de la línea M
Proteína M	165	En la línea M
Proteína C	135	En el FG
Proteína X	152	Asociada con la proteína C en el FG
Proteína H	74	Asociada con la proteína C en el FG
Desmina	55	En la periferia de la línea Z
Eu-actinina	42	En la línea Z

*PM= Peso molecular

Fuente: Pearson y Young (1989).

presenta a la titina, nebulina, α -actinina, β -actinina, las proteínas M, C, X y H, desmina y eu-actinina.

Funcionalidad de las Proteínas Cárnicas

Las propiedades funcionales de las proteínas se definen como cualquier propiedad fisicoquímica que afecta el comportamiento y características de un alimento y que contribuye a la calidad final del producto (Badui, 1984; Xiong, 1994).

Las propiedades funcionales de las proteínas musculares importantes en el procesamiento de la carne son la solubilidad de las proteínas, capacidad de emulsificación de grasas, capacidad de gelificación y capacidad de retención de agua (Acton y Dick, 1984). Las proteínas que más influyen en estas propiedades son las miofibrilares (Sharp y Offer, 1992). Estas propiedades dependen en gran parte de ciertas condiciones como el pH del medio (Ishioroshi *et al.*, 1979; Xiong, 1992), temperatura (Gillett *et al.*, 1977; O'Neill *et al.*, 1993), fuerza iónica (Ishioroshi *et al.*, 1979; Foegeding, 1990), concentración y tipo de proteína (Xiong y Blanchard, 1992).

Solubilidad

El término solubilidad de la proteína se define como el porcentaje de la proteína total del músculo que se solubiliza bajo condiciones específicas y no es sedimentable por fuerzas centrifugas moderadas (Xiong, 1994).

La solubilización de la proteína es un pre-requisito para desarrollar otras propiedades funcionales como la gelificación y emulsificación (Xiong y Brekke, 1989). Es un proceso fisicoquímico de gran importancia durante la elaboración de productos procesados, ya que determina las características de textura, retención de agua y emulsificación de grasas en el producto terminado (Smith, 1988; Xiong y Brekke, 1989).

La solubilidad de la proteína es afectada por los cambios de pH en el medio. La acción del pH sobre las proteínas se basa en el efecto que ejerce en la variación del grado de ionización de sus aminoácidos. Cada proteína posee un determinado pH donde el número de cargas positivas y negativas es igual. Este es llamado punto isoeléctrico de la proteína (PI). Cuando el pH aumenta por arriba de su PI, la carga neta de la proteína es negativa, lo contrario sucede a pH ácido. En ambos casos aumentan las fuerzas de repulsión entre las proteínas, facilitando su solubilidad (Badui, 1984).

Xiong (1992) encontró que la máxima solubilidad de las proteínas miofibrilares de la carne blanca y oscura de pollo se obtiene a pH de 6.0. Sin embargo, ésta disminuye cuando el pH del sistema se reduce a un pH cercano o igual al PI. Esto se debe a que la carga neta de la proteína se reduce, resultando en una interacción débil proteína-agua y una asociación fuerte proteína-proteína.

Gelificación de Proteínas Miofibrilares

Gelificación es el proceso donde moléculas de proteínas desnaturalizadas se agregan para formar una red proteica ordenada. Esta formación del gel proteico ocurre por

medio de la desnaturalización de proteínas bajo condiciones estrictamente definidas. La fuerza del gel o rigidez es un criterio que se utiliza para evaluar las características del gel, y es uno de los más importantes parámetros para estudiar la funcionalidad de la proteína en la gelificación (Camou, 1989).

La gelificación de proteínas miofibrilares es quizá la propiedad funcional más importante que ocurre durante la elaboración de un producto, ya que está involucrada en la determinación de las características de textura, jugosidad del producto y estabilización de las emulsiones (Acton *et al.*, 1983).

Varios investigadores han reportado diferencias en la gelificación y en general en la funcionalidad de las PSS aisladas de músculos blancos y oscuros de aves (Foegeding, 1987; Foegeding *et al.*, 1991; Daum-Thunberg *et al.*, 1992; Xiong, 1992; Xiong y Blanchard, 1994). Es conocido que existen diferencias físicas, fisiológicas e histológicas entre los músculos de un mismo animal, por lo que esto puede estar asociado a las diferencias en la funcionalidad de las proteínas. Por ejemplo, en las aves, los músculos de la pechuga son de color más claro y son músculos de soporte, sus PSS forman geles más rígidos que las proteínas extraídas del muslo, cuyos músculos son más oscuros e implican movimiento (Dudziak *et al.*, 1988; Xiong, 1994).

Dudziak *et al.* (1988), mencionan que las posibles razones de las diferencias en la funcionalidad pueden ser las múltiples interacciones entre las proteínas miofibrilares (por ejemplo la relación miosina/actomiosina) y diferencias en las transiciones térmicas y propiedades asociadas a las isoformas de las proteínas. Estos hechos influyen las

interacciones proteína-proteína ocasionando las diferencias en la funcionalidad, principalmente la fuerza de gel.

Relación miosina/actomiosina. La rigidez de los geles de miosina es afectada por la presencia de otras proteínas. La actina y el complejo actomiosina presentan un efecto sinergista sobre la gelificación de la miosina. Yasui *et al.* (1982) reportan que la máxima rigidez del gel se presenta cuando la relación miosina/actomiosina es de 4:1. Por otro lado en las investigaciones realizadas por Ishioroshi *et al.* (1980), encontraron que la relación miosina/actina de 15:1 es donde se presenta la máxima rigidez del gel.

Por lo tanto, la reología del gel de un sistema que contiene estas proteínas es dependiente de la cantidad relativa de cada una de ellas en la mezcla. Uno de los factores que influencia la relación de cada una de esas proteínas es el tiempo de extracción, cuando aumenta el tiempo de extracción, aumenta dicha relación (Foegeding *et al.*, 1991).

Transiciones Térmicas e Isoformas de las Proteínas. Cuando un material o sistema experimenta un cambio de estado, por ejemplo en una reacción química, hay una absorción o liberación de calor. Este cambio, en muchos casos, puede ser iniciado por la aplicación misma de calor. Las proteínas musculares experimentan diferentes cambios conformacionales bajo la absorción de energía térmica. La temperatura de transición es un término que se refiere a aquella temperatura donde la proteína experimenta un cambio conformacional (Wright, 1982; Foegeding *et al.*, 1991).

Las transiciones térmicas de las proteínas dependen del tipo de proteína, pH del medio y concentración de proteína (Xiong *et al.*, 1987; Xiong y Blanchard, 1992).

Dudziak *et al.* (1988) reportan que la miosina y actomiosina de pechuga y pierna de pavo presentan transiciones térmicas muy similares durante el proceso de gelificación, 59.0 y 59.5 °C, respectivamente. Sin embargo los geles de las proteínas de estos dos músculos son diferentes en sus propiedades reológicas. Sugieren que éstas diferencias pueden ser debido a la presencia de isoformas de las proteínas, las cuales afectan el procesos de formación del gel. Así mismo, mencionan que la presencia de otras proteínas juega un papel determinante en las propiedades reológicas del gel. Estos investigadores encontraron que las soluciones de proteínas de pierna y de pechuga presentan diferencias en la relación miosina/actomiosina (3.8:1 y 6.6:1, respectivamente). Tal como se señaló anteriormente, cuando se tiene una relación miosina/actomiosina de 4:1, se presenta la máxima rigidez de gel.

Xiong *et al.* (1987) trabajando con miofibrillas encontró diferencias en los patrones de transiciones térmicas de muestras de pierna y pechuga de pollo. Sin embargo esta diferencias pueden ser debido a la diferencia en el pH de ambos músculos, el cual según Daum-Thunberg *et al.* (1992) es 0.5 unidades mayor en músculos de la pierna que en los de la pechuga.

Formación del Gel. Las interacciones iónicas y electrostáticas se consideran que son las principales fuerzas involucradas en la formación del gel (Foegeding *et al.*, 1991). Tal

parece que las variaciones en la capacidad gelificante de diferentes tipos de proteínas miofibrilares se deben a la diversidad de isoformas de miosina y otras proteínas miofibrilares, sin embargo las causas más directas de esas variaciones están ligadas al proceso de formación del gel (Xiong y Blanchard, 1992; Xiong, 1994).

El mecanismo de la formación del gel implica un desdoblamiento de la proteína, asociación molecular y la subsecuente formación de la red tridimensional (Xiong, 1992). Para desarrollar un gel con un alto grado de elasticidad, el paso del desdoblamiento ocurrirá primero, el paso de agregación procederá más lentamente que el paso de desdoblado, permitiendo a las moléculas de proteína desnaturalizadas orientarse entre sí e interactuar en los puntos específicos o sitios reactivos, formando una red ordenada (Xiong, 1994).

La energía de activación es menor para las proteínas solubles en solución salina (PSS) de músculos blancos que para PSS de músculos rojos, indicando que se requiere aplicar menos calor para la agregación de PSS de músculos blancos. Respecto a esto, Foegeding *et al.* (1991), reportaron que el proceso de agregación se alcanza más rápido en PSS de pechuga de pollo, siendo 4 °C menor que la agregación de PSS de pierna (Cuadro 4). Este hecho permite un mayor tiempo de interacción proteína-proteína para el caso de las PSS de la pechuga, aumentando con ello las propiedades reológicas del gel.

Las interacciones involucradas en el proceso de formación del gel, iónicas y electrostáticas, son dependientes del pH.

Cuadro 4. Temperaturas a las que ocurren los eventos de desdoblado, agregación y gelificación de PSS de músculos de pollo.

	Desdoblado de la proteína (°C)	Agregación (°C)	Gelificación (°C)
Pechuga	32	36	48
Pierna	30	40	48

Fuente: Foegeding *et al.* (1991)

El pH óptimo para la gelificación de las proteínas miofibrilares es alrededor de 6.0 (Foegeding *et al.*, 1991). Por otro lado Xiong y Brocke (1991) encontraron que el pH de gelificación de miofibrillas aisladas de la pechuga y pierna es de 6.0 y 5.5 respectivamente. Estos investigadores han encontrado que los cambios de pH afectan de manera diferente el proceso de gelificación de proteínas aisladas de pierna y de pechuga, sugiriendo de esta manera, que los cambios de pH afectan a las interacciones involucradas en la gelificación de proteínas.

Xiong (1992) menciona que el efecto del pH sobre la fuerza de gel puede ser debido a la modificación de la asociación proteína-proteína ocasionado por la modificación del balance electrostático y otras fuerzas y enlaces intermoleculares. Las contribuciones de esas interacciones de cada molécula de proteína en el sistema de gel puede depender de la cantidad de proteína desdoblada, la cual es afectada por el pH. En

su investigación encontró además que la fuerza de gel es parcialmente atribuida a la solubilidad de la proteína. La solubilidad de las proteínas de la carne blanca fue constante (80%) en el rango de pH de 6.0 a 7.5, pero la fuerza de gel disminuyó de 2.2 a 0.4 N en el mismo rango de pH. Lo anterior sugiere un cambio en las interacciones durante el proceso de gelificación al variar el pH.

Se ha encontrado también que la concentración de proteína en el medio afecta el mecanismo de gelificación. Xiong y Blanchard (1992) investigaron la agregación de PSS de pechuga de pollo a diferentes concentraciones de proteína (0.2, 0.5, 1.5 y 2.0 g/L). Observaron dos picos de transición distintos en las interacciones proteína-proteína. Un aumento en la concentración de proteína de 0.2 a 2.0 g/L, provoca una disminución en la temperatura máxima de transición del primer pico de 47.4 a 44.6 °C, y del segundo pico de 57.6 a 55.1 °C. La primera transición se debe a la interacción de la región globular o cabeza de la miosina, mientras que la segunda transición se debe a la interacción de la meromiosina ligera. Sugieren que a bajas concentraciones de proteínas, la interacción proteína-proteína ocurre en forma más ordenada, por ejemplo cabeza con cabeza o cola con cola de la miosina. De esta manera, la agregación previa de las cabezas de la miosina no interfiere con las subsecuentes interacciones. Estos autores concluyen que la agregación de las proteínas siguen mecanismos diferentes a distintas concentraciones de proteína.

Capacidad de Retención de Agua

La capacidad de retención de agua (CRA) es un término que se refiere a la habilidad de una muestra determinada para retener fluidos bajo condiciones específicas definidas (Fennema, 1990).

El músculo animal tiene un contenido de agua entre 70 y 75%. La mayor parte de esta agua (95%) es clasificada como "agua libre". El resto del agua (5%) es clasificada como agua "químicamente ligada" y esta directamente asociada con la proteína muscular. El "agua libre" es el agua de interés en el procesamiento de carnes y cuando se determina la CRA (Zhang *et al.*, 1995).

La red tridimensional formada por la proteína bajo el calentamiento influye en la CRA (Daum-Thunberg *et al.*, 1992). Camou *et al.* (1989) reportan una mayor pérdida de agua en geles de proteínas cuando la concentración de éstas en el sistema es baja (10 a 20 mg/ml), indicando que la matriz de proteína formada fue insuficiente para atrapar efectivamente el agua.

La CRA de una proteína depende también de la cantidad de residuos polares y no polares y de la facilidad que tienen de interactuar con las moléculas de agua a través de puentes de hidrógeno (Badui, 1984). Los aminoácidos polares son los grupos que ejercen una mayor influencia en las interacciones proteína-agua. Los sitios activos más importantes de los aminoácidos con capacidad de formar puentes de hidrógeno son los $-\text{COOH}$, $-\text{NH}_2$, $-\text{OH}$ y $-\text{NH}$, y tienen una mayor capacidad para ligar agua cuando están en la forma ionizada, por lo que el pH del medio es de fundamental importancia.

En el estudio realizado por Daum-Thunberg *et al.* (1992) determinaron la CRA en geles de carne de pechuga y pierna de pavo, en función del pH. Estos autores encontraron que al variar el pH de 5.9 a 6.4, la CRA aumentaba el doble en ambos tipos de carne, y concluyeron que el pH de la pasta es el principal factor que regula el rendimiento y retención de agua en geles de carne de pavo. Por lo tanto un control en el pH del medio ayudará a regular la CRA del producto.

Capacidad de Emulsificación

La capacidad de emulsificación de las proteínas cárnicas ha sido estudiada ampliamente por varios investigadores, utilizando sistemas modelos (Gillett *et al.* 1977; Galluzzo y Regenstein, 1978; Pearce y Kinsella, 1978; Jones, 1984).

Pearce y Kinsella (1978) definen la capacidad de emulsificación como la máxima cantidad de aceite que es emulsificado, bajo condiciones específicas, por una cantidad determinada de proteína.

Una emulsión es definida como un sistema heterogéneo que consiste de al menos un líquido inmiscible disperso en otro en forma de pequeñas gotas (Badui, 1984).

En los productos cárnicos emulsificados y sistemas modelos se ha detectado la presencia de una membrana de proteína interfacial que rodea las gotas de lípidos. La membrana molecular es formada de tal manera que la parte hidrofóbica de la proteína es atraída hacia la fase lipídica, mientras que el lado hidrofílico es atraído hacia la fase acuosa (Jones, 1984).

Es posible que la grasa en los productos cárnicos finamente picados sea estabilizada por dos mecanismos: la emulsificación debido a la formación de una película interfacial de proteína soluble en sal durante el picado a baja temperatura y el atrapamiento mecánico dentro de la matriz proteica formada principalmente por las interacciones proteína-proteína bajo el calentamiento (Deng *et al.* 1981; Jones, 1984).

La matriz proteica formada durante el proceso de gelificación es probablemente el factor más importante que influye en la estabilidad y retención de grasa en los sistemas cárnicos.

La utilización de CDM en productos emulsificados ha sido de gran importancia para los procesadores en los últimos años. Froning *et al.* (1971) encontró que los productos embutidos como las salchichas o bolonias elaboradas con CDM tienen menos estabilidad en la emulsión que los elaborados con carne manualmente deshuesada. Los productos con CDM producen emulsiones con glóbulos de grasa de gran tamaño comparados con las emulsiones de productos elaborados tradicionalmente (Froning y Janky, 1971). El alto contenido de grasa y la baja cantidad de proteína parece contribuir a este hecho.

No existe un método universal para determinar la capacidad emulsificante de una proteína, pero en general, muchos investigadores reportan la capacidad emulsificante como la cantidad de aceite que son emulsificados por cierta cantidad de proteína bajo condiciones específicas (Froning, 1970; Gillett *et al.*, 1977; Galluzzo y Regenstein, 1978; Cunningham y Froning, 1972). Estas determinaciones generalmente se realizan en

sistemas modelos utilizando aislados puros de proteína o mezclas de ellas. Sin embargo, son muchos los factores que afectan la formación de la emulsión, entre éstos están: (1) concentración de proteína en el sistema, (2) pH, (3) velocidad de mezclado, (4) velocidad de adición de aceite, (5) temperatura del medio (Gillett *et al.* 1977).

Pearce y Kinsella (1978) idearon un método diferente para determinar la capacidad emulsificante de una proteína. Utilizando una fórmula simple basada en la turbidez, fracción de volumen de la fase dispersa y peso de la proteína, calcularon un índice de actividad emulsificante (IAE) relacionado con el área interfacial de la emulsión. Sin embargo también son muchos los factores que afectan la formación de la emulsión: (1) tipo de homogenizador, (2) grado de homogenización, (3) concentración de proteína, (4) fracción de volumen de aceite, (5) pH y (6) tipo de aceite.

Este método asume que las gotas de aceite emulsificadas son de un mismo tamaño, de tal manera que al realizar los cálculos de IAE, se introduce cierto error a los resultados. Una manera de evitar lo anterior es midiendo sólo la turbidez o lecturas de absorbancia de la emulsión Kerker (1969) reportó una relación simple entre la turbidez y el área interfacial de la emulsión. Las mediciones de turbidez son fáciles de realizar en el laboratorio mediante un espectrofotómetro. La turbidez de la emulsión, como lo describen Pearce y Kinsella (1978), se obtiene mediante la siguiente ecuación:

$$T = \frac{2.303A}{l} \quad \text{Ecuación (1)}$$

donde A es la absorbancia de la muestra y l es la longitud de la celda.

Sistemas Modelos para el Estudio de la Funcionalidad de las Proteínas

La mejor manera de obtener información de cualquier propiedad funcional de una proteína es utilizarla en forma directa en el alimento para después observar su comportamiento. Sin embargo son muchos los componentes de la mezcla alimenticia y es imposible tratar de explicar los eventos físicos y químicos que se llevan a cabo durante la preparación del alimento (Foegeding *et al.*, 1991).

La miosina es la proteína más importante que determina la funcionalidad en los productos cárnicos (Ziegler y Acton, 1984; Smith, 1988). Una suspensión de miosina pura representa un sistema sencillo para investigar la funcionalidad de las proteínas cárnicas. En el otro extremo, un producto cárnico como una salchicha, representa un sistema complejo donde interactúan varias proteínas, compuestos no proteicos e ingredientes del producto, los cuales pueden afectar las propiedades funcionales.

Para tratar de comprender los eventos físicos y químicos que ocurren durante la elaboración de un producto, es necesario desarrollar sistemas de investigación que se localicen entre los sistemas de suspensión de miosina y producto terminado. Las suspensiones de proteínas solubles en solución salina (0.6 M) están compuestas principalmente de proteínas miofibrilares y algunas sarcoplásmicas y son preparaciones que están en un punto intermedio entre los sistemas antes mencionados y pueden ser utilizadas para investigar la funcionalidad de las proteínas cárnicas (Foegeding *et al.*,

1991). La principal diferencia entre los sistemas de PSS y la carne es que el tejido conectivo, lípidos y membranas celulares han sido removidos.

Debido a que una suspensión de PSS es considerada un excelente medio para estudiar a las proteínas, en el presente trabajo se ha seleccionado este sistema modelo para evaluar la funcionalidad de las proteínas de carne y CDM de pavo, en términos de capacidad de gelificación, retención de agua y emulsificación de grasas.

MATERIALES Y METODOS

Materia Prima

Los pavos utilizados para llevar a cabo esta investigación fueron comprados en la empresa Pavos Parson del Estado de Chihuahua, México. Se adquirieron 96 pavos recién sacrificados, los cuales fueron posteriormente congelados a $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ y trasladados a la misma temperatura a los laboratorios de la Dirección de Tecnología de Alimentos de Origen Animal del CIAD, A.C. (Carretera a la Victoria, Km 0.6, 83000 Hermosillo, Sonora).

Deshuesado Manual y Mecánico

Los 96 pavos fueron divididos en tres lotes de 32 pavos cada uno. La descongelación de la materia prima se realizó a $+5\text{ }^{\circ}\text{C}$ para iniciar el deshuesado. Los principales cortes fueron removidos en forma manual y los huesos resultantes fueron separados por región anatómica. El deshuesado se realizó dentro de una cámara de refrigeración cuya temperatura fue de $+5\text{ }^{\circ}\text{C}$. Para el deshuesado mecánico se utilizó un equipo Paoli modelo 22H, 611 (Stephen Paoli International, Rockford, Illinois, USA). La carne de pavo deshuesada mecánicamente (CDM) se obtuvo de los huesos de cada región anatómica: alas, pierna, carcaje, y una combinación de estas tres partes, la cual se denominó "control".

Durante la obtención de la CDM se utilizó CO_2 para enfriar el sistema y evitar el calentamiento de la pasta, no permitiendo que la temperatura de la CDM excediera de los $+5\text{ }^\circ\text{C}$. Este procedimiento se realizó en cada lote de materia prima.

Después de obtenida la CDM se calculó el rendimiento pesando la cantidad de pasta obtenida en relación a la cantidad de hueso utilizado.

A las CDM resultantes se les realizó un cálculo aproximado del contenido graso utilizando un analizador de grasa Univex modelo FA73 (3 old Rockingham Pk. Salem, New Hampshire 03079) e inmediatamente después se les agregó una mezcla de antioxidantes BHA/BHT/ácido cítrico al 0.05% con respecto al contenido graso. Después de esto, se empacaron al vacío muestras de 300 gramos de cada tipo de CDM y fueron congeladas a $-18\text{ }^\circ\text{C}$ para posteriormente evaluar la funcionalidad de las proteínas de interés. Muestras de carne de la región de la pechuga, alas, pierna y muestras de CDM comercial fueron almacenadas bajo las mismas condiciones. Esta última fue adquirida en la misma empresa donde se compraron los pavos y fue incluida en este estudio con el fin de tener un punto de comparación entre ésta y la CDM obtenida en el laboratorio.

Medición del pH

Para la determinación del pH se mezclaron 10 gramos de carne molida con 100 ml de agua deionizada. La medición del pH en la mezcla se realizó con un potenciómetro Beckman modelo 92634 (Beckman Instrument, Fullerton, CA., USA).

Evaluación de la Funcionalidad

La evaluación de la funcionalidad se realizó en extractos de proteínas solubles en solución salina 0.56 M en el sistema con una concentración de proteína de 20 mg/ml. Las propiedades funcionales evaluadas fueron fuerza de gel, pérdida de agua del gel y propiedades emulsificantes.

Extracción de Proteínas

La extracción de proteínas solubles en solución salina (PSS) se realizó siguiendo la técnica descrita por Camou *et al.* (1989). Las muestras de carne de pavo se homogenizaron por 10 segundos usando una parte de carne con 3 partes de una solución de NaCl 0.56 M, $\text{Na}_3\text{P}_3\text{O}_{10}$ 17.8 mM y NaN_3 1mM. La mezcla se dejó reposar por una hora para extraer las PSS. Después se centrifugaron a $12,000 \times g$ y 2°C durante una hora (Centrifuga refrigerada Beckman modelo J2-21).

La extracción de PSS de las CDM se realizó combinando una parte de carne con 1.5 de la solución salina anteriormente descrita. La mezcla fue homogenizada por 30 segundos y se dejó reposar una hora para después centrifugar y separar las PSS. La concentración de proteínas se determinó utilizando el método de Biuret (Gornall *et al.*, 1949) y se ajustó la concentración a 20 mg/ml mediante dilución con solución salina, manteniendo constante la fuerza iónica.

Formación de Gel

Se pesaron 30 gramos de la solución de PSS y se colocaron en vasos de precipitados de 100 ml. Posteriormente se taparon con papel aluminio para evitar pérdidas por evaporación durante el calentamiento. El tratamiento térmico se realizó con un equipo de calentamiento (Shaker Bath modelo 3540, USA) con un incremento de temperatura de +1 °C por minuto hasta alcanzar los +70 °C. El monitoreo de la temperatura se realizó utilizando un termómetro digital (Scanning thermocouple thermometer, Cole-Parmer Instrument Co., Mod. 92800-00, II. USA) equipado con múltiples termopares. Después del tratamiento térmico, las muestras fueron colocadas en un baño con hielo y se dejaron reposar dentro de una cámara de refrigeración a 0 °C por toda la noche.

Fuerza de Gel

La fuerza de gel se midió utilizando un medidor de textura Instron Universal (modelo 1132) equipado con el accesorio de compresión cuyo diámetro es de 35 mm, unido a una celda de 50 kg. La compresión se realizó al 80% de la altura original del gel de proteína en un vaso de precipitado de 45 mm de diámetro, a una velocidad constante del cabezal de 10 cm por minuto. La fuerza de gel fue registrada en kilogramos fuerza (KgF).

Pérdida de Agua

Después de que los geles fueron comprimidos se transfirieron a tubos de polipropileno de 50 ml y se centrifugaron a $2,000 \times g$ por 10 minutos. El agua liberada por acción de la fuerza centrífuga se pesó y se expresó como porcentaje de pérdida de agua.

Propiedades Emulsificantes

Para determinar este parámetro se siguió la técnica descrita por Pearce y Kinsella (1979) con algunas modificaciones. Las PSS se ajustaron a una concentración de 0.1%. La emulsión fue realizada utilizando una parte de aceite y tres partes de la solución de PSS para dar una fracción de aceite de 0.25. La mezcla fue adicionada a tubos de polipropileno de 50 ml, los cuales se colocaron dentro de vasos de precipitados de 250 ml con hielo para evitar el calentamiento de la emulsión. Esta mezcla se homogenizó por un minuto con un equipo homogenizador (Tissumizer, Teckmar Co. Cincinnati Oh).

Alicuotas de 100 μ l de la emulsión fueron diluidas con una solución de SDS (dodecil sulfato de sodio) al 0.1% para dar una dilución final de 1:100. La absorbancia de la emulsión diluida fue determinada en celdas de 1 cm de longitud a una longitud de onda de 500 nm utilizando un espectrofotómetro Perkin Elmer (Perkin elmer UV/VIS Spectrophotometer Lambda 3B). La absorbancia registrada fue directamente proporcional a la turbidez de la emulsión.

Electroforesis

Patrones de Proteínas

La composición de PSS fueron determinadas por electroforesis en gel de poliacrilamida y SDS (dodecil sulfato de sodio) siguiendo la técnica descrita por Laemmli (1970). Los geles de separación y concentrador se prepararon al 10 y 4% de acrilamida, respectivamente. La corrida electroforética se llevó a cabo en una unidad de electroforesis para geles pequeños modelo SE-250 (Hoefer, Scientific Instruments, San Francisco, CA). Las bandas de proteínas fueron identificadas de acuerdo a su movilidad relativa en el gel, comparadas con marcadores de peso molecular conocido (miosina 200 kDa, β -galactosidasa 116.25 kDa, fosforilasa B 97.4 kDa, albúmina de suero bovino 66.2 kDa, ovoalbúmina 45 kDa, anhidrasa carbónica 31 kDa)

Isoformas de la Miosina

La detección de isoformas de miosina se realizó tanto en músculos blancos de pechuga y alas como en músculo oscuro de la pierna. El análisis se llevó a cabo utilizando un gel discontinuo de gradiente de 5 a 8% de poliacrilamida, según Laemmli (1970). El gel concentrador fue preparado al 3.5% de poliacrilamida. Para mejorar la resolución, el gel de separación fue preparado con un gradiente de glicerol del 60 al 80%.

Las muestras a analizar fueron diluidas 1:2 con una solución que contenía 20% SDS, 25% Tris 1 M (pH 6.8), 20% glicerol y 10% 2-mercaptoetanol. La mezcla fue calentada a ebullición por 10 minutos y posteriormente enfriada en baño con hielo. En

cada pozo del gel fueron cargados 7 µg de proteína. La corrida de electroforesis se realizó a voltaje constante a una temperatura de +8 °C. Para una penetración uniforme de la proteínas en el gel concentrador, el experimento se realizó inicialmente a 50 V por 30 min y después se continuó a 110 V por 24 hrs. Después, los geles fueron teñidos con una solución de nitrato de plata para mayor resolución de las bandas proteicas obtenidas.

Pérdida de Proteínas

Se determinó la concentración de proteínas del líquido liberado durante la centrifugación, utilizando el método de Biuret (Gornall *et al.*, 1949). Este líquido también fue examinado mediante electroforesis en gel de poliacrilamida y SDS para determinar cuales proteínas no forman la red estructural del gel.

Evaluación de la Funcionalidad de Carne y Carne Deshuesada

Mecánicamente (CDM) a través del Tiempo de Almacenamiento

Muestras de carne de la región de las alas, pechuga y pierna; y CDM obtenida de huesos de ala, pierna, carcaje y una combinación de éstas partes, fueron empacadas al vacío, divididas en tres lotes y almacenadas en congelación a -18 °C durante cuatro meses. Además fue incluida una CDM comercial. Cada lote de materia prima representó una repetición del experimento.

Se evaluó las propiedades funcionales de las PSS de la carne y CDM durante cuatro meses de almacenamiento. Las propiedades funcionales evaluadas fueron: fuerza

de gel, pérdida de agua del gel y propiedades emulsificantes de las proteínas. Los muestreos de la carne y CDM fueron realizados mensualmente.

Análisis Químico

Las determinaciones de humedad, grasa, proteína, ceniza, calcio y hueso se realizaron siguiendo las técnicas descritas por la AOAC (1990). El porcentaje de hueso en las muestras se calculó mediante la ecuación:

$$\% \text{ hueso} = (\% \text{Ca} - 0.015)F \quad \text{ecuación (2)}$$

donde F es el factor de conversión de calcio a hueso y tiene un valor de 6.25 para pollos jóvenes y 4.55 para pavo y pollos maduros

Diseño Experimental y Análisis Estadístico

Se empleó un diseño al azar con tres repeticiones experimentales. Para determinar diferencias entre la funcionalidad de las PSS de la carne y CDM, se analizaron los datos obtenidos a tiempo cero de almacenamiento, realizando un análisis de varianza y empleando la prueba de Tukey con un nivel de significancia del 5% (Montgomery, 1991).

Los resultados de pH, análisis químico y pérdida de proteínas fueron analizados por ANDEVA, utilizando la prueba de Tukey (5%).

Para determinar el efecto del tiempo de almacenamiento sobre la funcionalidad de las PSS de carne y CDM, se realizó un análisis de varianza a cada una de las muestras

estudiadas. Para detectar diferencias entre las medias de cada muestreo, se utilizó la prueba de múltiple rango de Tukey con un nivel de significancia del 5%.

El análisis de los datos se realizó utilizando el programa estadístico para computadoras Statgraphics (Statistical Graphics System) versión 4.2 (1985-1989).

RESULTADOS Y DISCUSION

Rendimientos del Deshuesado Manual y Mecánico

El deshuesado manual de los pavos se realizó después de su descongelación a +5 °C. Los rendimientos obtenidos por región anatómica se muestran en el cuadro 5. Los valores que aquí se presentan son el promedio del deshuesado en los tres lotes de materia prima. En el caso de la región de las alas, el total carne + hueso fue de 7.38%, la parte de la pierna, 20.44%, la pechuga 38.92% y el resto que involucra piel, vísceras y otros fue de 26.33% para dar un total de 93.07%. Cabe mencionar que durante el deshuesado se perdió algo del peso total del pavo en forma de agua.

En el cuadro 6 se muestran los rendimientos del deshuesado mecánico. El deshuesado está en función de la cantidad de hueso inicial por región anatómica. Se presenta también el rendimiento de CDM por pavo deshuesado, asumiendo un peso promedio por pavo de 8.0 kg.

Para la región de las alas, se obtuvo un rendimiento de 29.75%, para la pierna fue de 25.93% y para el carcaje de 16.79%. El rendimiento promedio de éstas tres regiones fue de aproximadamente 25%. Los rendimientos obtenidos en este trabajo pueden considerarse bajos, tomando en cuenta que Bourgeois y LeRoux (1986) reportan un rendimiento máximo del 47%. Sin embargo éstos investigadores no especifican las condiciones de obtención de la CDM. Factores como tipo de maquinaria y ajuste de la

Cuadro 5. Resultados de Rendimiento en el Deshuesado Manual de la Carne de Pavo.

Parte Anatómica ^a	% de Hueso	% de Carne	Carne + Hueso
Alas	3.33 ± 0.19	4.05 ± 0.05	7.38 ± 0.24
Pierna	4.85 ± 0.22	15.59 ± 0.47	20.44 ± 0.35
Pechuga	13.84 ± 1.52	25.08 ± 0.14	38.92 ± 1.21
Piel, Visceras y otros			26.33 ± 0.22
Total			93.07 ± 1.28

32 pavos por lote (tres lotes)

8.0 kg peso promedio por pavo

^a Media ± desviación estándar

Cuadro 6. Resultados de Rendimientos en el Deshuesado Mecánico de Diferentes Regiones Anatómicas de Huesos de Pavo.

Parte ^a Anatómica	Rendimiento ^b (%)	CDM/pavo (%)
Alas	29.75 ± 1.78	1.03 ± 0.11
Pierna	25.93 ± 5.13	1.31 ± 0.19
Carcaje	16.79 ± 1.35	2.42 ± 0.02

^aMedia ± desviación estándar (n=3)

^bgrCDM/gr hueso x 100

El peso promedio por pavo fue de 8.0 kg.

máquina influyen en el rendimiento según Crosland *et al.* (1995). Además las condiciones de la materia prima es una variable que se debe de tomar en cuenta. Presencia de grasa cutánea y riqueza en carne y grasa de los huesos alimentados a la máquina, influyen en el rendimiento.

Potencial de Hidrógeno (pH) en Carne Deshuesada Mecánicamente,

Carne y Sistemas Modelos

En el cuadro 7 se muestran los resultados del pH de la carne, CDM y sistemas modelos de diferentes regiones anatómicas de pavo. En cuanto a los valores del pH en carne, la parte de la pierna presentó un pH de 6.60, en carne de ala fue de 6.51 y en la pechuga de 6.19. No se presentaron diferencias significativas entre éstos valores ($p > 0.05$), sin embargo se observa que el pH de la pechuga es ligeramente menor al pH de la pierna. Lo anterior concuerda con los resultados encontrados por Daum-Thunberg *et al.* (1992), y aunque no presentaron un análisis estadístico de sus resultados, reportaron un pH para la carne de la pierna de 6.41 y para la carne de pechuga de 5.94.

Los valores de pH de las carnes obtenidas mecánicamente no presentaron diferencias significativas entre si ($p > 0.05$). Estos valores fluctuaron en el rango de 6.67-7.27, siendo menor en CDM comercial y mayor en CDM de pierna. Al comparar el pH entre carne y CDM, pueden observarse diferencias ($p < 0.05$) en algunas muestras. La CDM de ala, pierna y control presentaron un pH promedio de 7.18, mientras que el pH

Cuadro 7. Resultados de pH de la Carne, Carne Deshuesada Mecánicamente y PSS.

Tipo de Muestra ¹	pH carne/CDM	pH PSS
Alas	6.51 ^{ab}	6.60 ^{ab}
Alas*	7.22 ^c	7.46 ^c
Pierna	6.60 ^{abc}	6.69 ^{ab}
Pierna*	7.27 ^c	7.39 ^c
Pechuga	6.19 ^a	6.39 ^a
Carcaje*	6.86 ^{bc}	6.99 ^{abc}
Control*	7.06 ^{cd}	7.17 ^{bc}
Comercial*	6.67 ^{bc}	6.55 ^a

*Carne Deshuesada Mecánicamente

Medias con diferente superíndice dentro de una misma columna son significativamente diferentes ($p < 0.05$).

¹n= 3

de la carne de ala y pechuga fue de 6.35 en promedio. Las diferencias anteriores pueden deberse al alto contenido de minerales provenientes de los huesos. Como lo revela el análisis químico, que mas adelante se discute, se presenta un mayor contenido de cenizas en las CDM. Además según Whiting (1988), el alto contenido de partículas de hueso en las pastas elevan el pH, posiblemente el alto contenido de calcio y fósforo contribuyen en dicha elevación.

En este cuadro se muestran también el pH de las proteínas solubles en sal (PSS) de las diferentes muestras. Puede verse que las PSS de CDM presentan un pH ligeramente mayor al de las carnes, 7.11 y 6.56 en promedio respectivamente. Sin embargo sólo se presentaron diferencias significativas ($p < 0.05$) entre los valores CDM de ala y pierna al compararlos con los de carne de ala, pierna y pechuga.

Funcionalidad de las Proteínas Solubles en Solución Salina

Fuerza de Gel

Los resultados de fuerza de gel (FG) de proteínas solubles en solución salina (PSS), se presentan en el cuadro 8. En cuanto a la FG de las PSS de la carne, se observan diferencias significativas ($P < 0.05$) entre la carne blanca de la pechuga y carne oscura de la pierna, 0.299 y 0.158 KgF respectivamente. La carne de alas presentó un valor intermedio, 0.215 KgF, respecto a los valores de la carne de pechuga y pierna. No hubo diferencias entre ala y pierna ($p > 0.05$).

Las diferencias en FG entre músculos blancos y rojos han sido observadas también por Xiong y Blanchard (1994), los cuales trabajaron con miofibrillas a diferentes pH.

Cuadro 8. Fuerza de Gel de PSS de Carne y Carne Deshuesada Mecánicamente de diferentes regiones anatómicas.

Muestra ¹	Fuerza de gel (KgF)
Alas	0.215 ^{ab}
Alas*	0.042 ^d
Pierna	0.158 ^{ac}
Pierna*	0.071 ^{cd}
Pechuga	0.299 ^b
Carcaje*	0.035 ^d
Control*	0.146 ^{ac}
Comercial*	0.101 ^{cd}

Medias con diferente superíndice presentan diferencias significativas ($p < 0.05$).

¹n= 3

Estos investigadores midieron la fuerza de penetración requerida para romper los geles de miofibrillas. Sus resultados indicaron que se necesita aplicar mayor fuerza, 0.74 N, a los geles de músculos blancos que a los geles de músculos oscuros de la pierna, 0.22 N, ambos sistemas medidos con un pH de 6.19.

Aparentemente las diferencias en la fuerza de gel entre músculos rojos y blancos son según Xiong (1994) debidas a diferencias en el proceso de formación del gel y uno de los factores que afecta a dicho proceso es el pH del medio (Xiong, 1992). En el cuadro 7 se presentan los valores de pH de las PSS estudiadas. Como se puede observar, el pH de las PSS de la carne blanca de la región de la pechuga (6.39) es ligeramente menor que el pH de las PSS de la carne oscura de la pierna (6.69). Aunque no hubo diferencias significativas entre estos valores ($p > 0.05$), ligeras variaciones en el pH pueden afectar el proceso de formación de gel (Xiong, 1992). Es posible que el efecto del pH sobre la FG pueda ser atribuido a la modificación de la asociación proteína-proteína, afectando a las fuerzas intermoleculares involucradas.

El pH del medio afecta de manera diferente a las proteínas de músculos blancos y rojos durante el proceso de formación del gel. Con respecto a esto, Xiong (1992) trabajando con miofibrillas de músculos rojos y blancos, encontró que la máxima fuerza de penetración en los geles de músculos rojos se obtiene a pH de 5.5, 1.05 N, mientras que en los geles de músculos blancos, la máxima fuerza de penetración fue a pH de 6.0, 2.15 N. En ambos casos disminuye cuando el pH del medio cambia hasta 7.5. En nuestro estudio el pH de 6.39 de las PSS de músculos blancos esta más cerca al pH de 6.0, en

el que según Xiong (1992) se desarrolla la máxima rigidez, lo que no sucede con las PSS de la pierna, cuyo pH es de 6.69 y el óptimo sería de 5.5, según éste mismo investigador.

Otros factores involucrados en la formación del gel también afectan el proceso de gelificación. Xiong (1994) sugiere que el proceso de formación del gel y por lo tanto de las diferencias en la fuerza de gel sea afectada por la presencia de isoformas de proteínas miofibrilares, principalmente de miosina. En la figura 9 puede verse claramente la presencia de isoformas de la cadena pesada de la miosina en carne oscura de la pierna y blanca de la pechuga y alas de pavo. Es posible que estas isoformas sean diferentes en músculos rojos y blancos. Según Xiong (1994), la miosina de músculos blancos contiene dos residuos 3-metilhistidina, mientras que la miosina de músculos rojos carece de ellos. En otras especies también se han detectado diferencias en las isoformas de miosina entre músculos blancos y rojos, según reportan Picard *et al.* (1995). La presencia de isoformas en carne oscura y blanca detectadas en nuestro estudio explica en parte las diferencias en fuerza de gel observadas en las PSS de estas carnes.

La formación del gel se lleva a cabo por una serie de etapas donde ocurren los procesos de desdoblado de la proteína, asociación molecular y finalmente la formación del gel en forma de una red tridimensional. Foegeding *et al.* (1991) reportaron que se requiere aplicar menor cantidad de energía para iniciar la agregación de proteínas en músculos blancos en relación a las proteínas de músculos oscuros. Esto indica que el tiempo de exposición entre las proteínas es mayor y las interacciones proteína-proteína

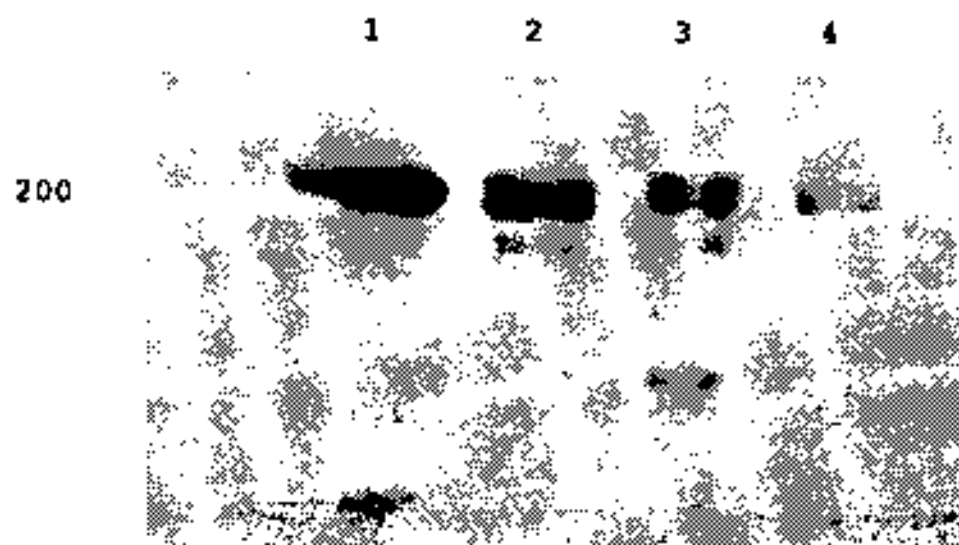


Figura 9. Electroforesis en gel de poliacrilamida y SDS donde se muestran las isoformas la cadena pesada de la miosina. Línea (1) marcadores de peso molecular, (2) PSS de pierna, (3) PSS de pechuga, (3) PSS de alas.

se realizan en una forma mas ordenada, llevando a la formación de una red de proteína mas rigida.

Los músculos rojos y blancos presentan también diferencias en las transiciones térmicas, las cuales pueden estar influenciadas por las isoformas de las proteínas. Xiong (1994) menciona que existen diferencias en las transiciones térmicas de músculos oscuros y blancos.

Foegeding *et al.* (1991) encontraron que los patrones de las transiciones térmicas dependen del tipo de proteína presentes. Ziegler y Acton (1984) y Xiong y Blanchard (1992) encontraron que las transiciones también se ven afectadas por el ambiente iónico y concentración de proteínas en el medio. No obstante lo anterior, las diferencias en las transiciones térmicas de proteínas aisladas de diferentes músculos (rojos y blancos), siguen siendo evidentes (Xiong, 1994).

Comparando los resultados de FG entre las PSS de carne y CDM, puede observarse algunas diferencias significativas ($P < 0.05$). A excepción de la CDM control, Las CDM presentaron una FG diferente ($p < 0.05$) a las carnes de ala y pechuga, 0.079 y 0.257 KgF en promedio respectivamente.

Las diferencias en la FG entre las PSS de la carne y CDM encontradas en este estudio, puede deberse principalmente a la cantidad de miosina presente en el medio. A pesar de que la evaluación de la FG se realizó a una misma concentración de proteína total en el sistema modelo, 20 mg/ml, la concentración relativa de las proteínas extraídas bajo nuestras condiciones fue diferente. Esto se puede apreciar en los patrones de

electroforesis mostrados en la figura 10. Puede verse que la banda de los 200 kDa correspondiente a la cadena pesada de la miosina es más intensa en PSS de carne que en CDM, sugiriendo que la cantidad de miosina en el medio es menor en CDM. Tomando en cuenta lo anterior, es lógico esperar una menor FG en PSS de CDM.

En la figura 11 se muestra el patrón de electroforesis del agua liberada de los geles después de la compresión. Se puede apreciar una mayor cantidad de proteínas que no forman la red estructural del gel en muestras de CDM, principalmente en la banda de los 66 kDa correspondiente a la albúmina. Por consiguiente, la cantidad de proteínas que forman el gel es menor que en geles de PSS de carne. Lo anterior explica en parte las diferencias en la fuerza de gel entre PSS de carne y CDM.

Otro factor que posiblemente influyó en determinar una menor FG en las PSS de CDM, fue el pH del medio en que se encontraban. Xiong (1992) e Ishioroshi *et al.* (1979) encontraron que el pH óptimo de gelificación de miosina o PSS es alrededor de 6.0. De acuerdo a nuestros valores de pH mostrados anteriormente en el cuadro 7, puede verse que las PSS de la CDM tienen un pH ligeramente mayor, por lo que este hecho pudiera contribuir en determinar una menor FG en estas proteínas

Al comparar la FG entre las PSS de CDM, todas presentan valores estadísticamente similares ($p > 0.05$), excepto la CDM control. La FG en muestras de CDM de alas, pierna, carcaje y comercial fue de 0.042, 0.071, 0.035 y 0.101 KgF respectivamente, mientras que para la CDM control fue de 0.146 KgF, la cual sólo fue diferente a la CDM de ala y carcaje ($p < 0.05$).

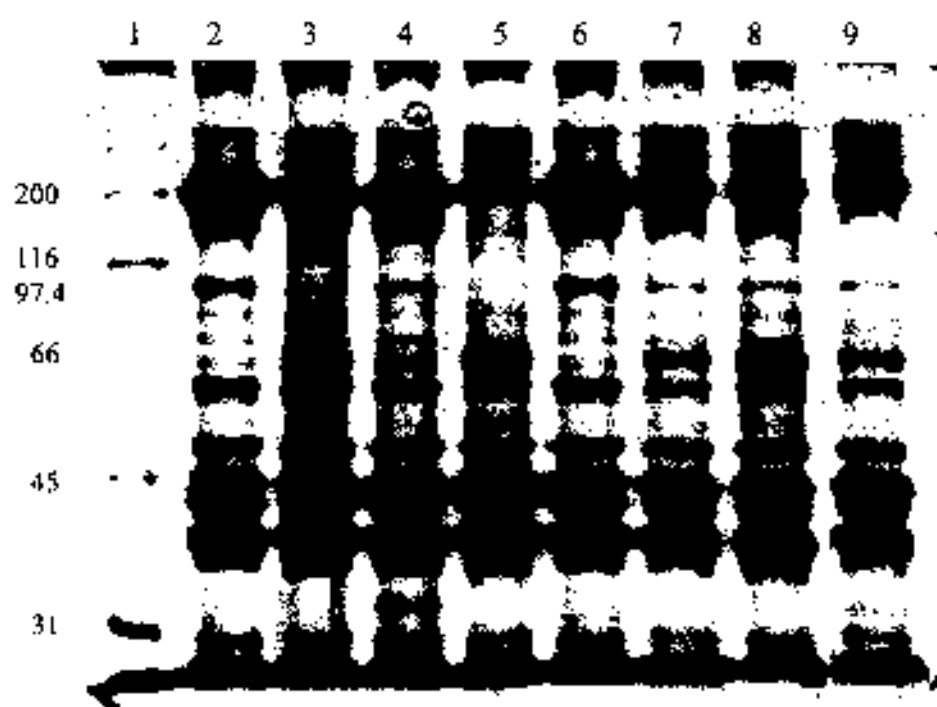


Figura 10. Electroforesis en Gel de Poliacrilamida y SDS de extractos de proteínas solubles en solución salina. En cada pozo se agregaron 40 μg de proteína. (1) Marcadores de pesos moleculares de 31 a 200 kDa, (2) Alas, (3) CMD Alas, (4) Pierna, (5) CMD Pierna, (6) Pechuga, (7) CMD Carcaje, (8) CMD Control, (9) CMD Comercial.



Figura 11. Electroforesis en Gel de Poliacrilamida y SDS del agua liberada de los geles de proteínas después de la compresión. En cada pozo se agregaron 30 μ g de proteína. (1) Marcadores de pesos moleculares de 45 a 200 kDa, (2) Alas, (3) CMD Alas, (4) Pierna, (5) CMD Pierna, (6) Pechuga, (7) CMD Carcaje, (8) CMD Control, (9) CMD Comercial

El proceso de obtención de la CDM implica una desnaturalización de proteínas debido al calor generado y al efecto mecánico al que son sometidas. No obstante que durante la obtención de la CDM en este trabajo, la temperatura nunca excedió de los +5 °C, el daño mecánico pudo haber causado algún efecto sobre la proteína e influir en su funcionalidad.

El deshuesado mecánico causa el rompimiento celular e intermezclado de los componentes celulares, facilitando la disminución de la solubilidad de las proteínas, daños externos y reacciones con lípidos, guiando ésto a una aceleración en la desnaturalización de la proteína (Smith, 1987). El grado de desnaturalización de proteínas durante la obtención de la CDM, pudo ser tal que no fue posible observar diferencias entre la mayor parte de las PSS de CDM estudiadas. Además en éstas muestras, como se observa en la figura 10 anteriormente descrita, la cantidad de miosina en el medio es muy baja y es posible que a estos niveles no se puedan detectar diferencias.

Pérdida de Agua en los Geles de Proteínas Solubles en Solución Salina

Los resultados de pérdida de agua de los geles de PSS se presentan en el cuadro 9. En cuanto a las carnes se refiere, no existieron diferencias significativas de pérdida de agua entre los geles de PSS de carne oscura y blanca ($P > 0.05$). Los geles de PSS de la pierna tuvieron una pérdida de 34.93%, los de alas perdieron 27.00% y los de la pechuga 26.00%.

Cuadro 9. Pérdida de Agua de PSS de Carne y Carne Deshuesada Mecánicamente de Diferentes Regiones Anatómicas.

Muestra ¹	Pérdida de agua (%)
Alas	27.00 ^a
Alas*	69.80 ^{ab}
Pierna	34.93 ^{ab}
Pierna*	74.82 ^a
Pechuga	26.00 ^a
Carcaje*	80.18 ^a
Control [†]	54.26 ^{cd}
Comercial [†]	49.73 ^{bc}

Medias con diferente superíndice son significativamente diferentes ($p < 0.05$)

*Carne Deshuesada Mecánicamente.

¹n= 3

La pérdida de agua de los geles de PSS de las CDM de ala, pierna y carcaje no presentaron diferencias entre sí ($P > 0.05$). Estos tuvieron una pérdida de agua de 69.80, 74.82 y 80.18%, respectivamente. Los geles de PSS de la CDM de pierna y carcaje presentaron mayor pérdida de agua ($p < 0.05$) al compararlos con los de la pasta control y comercial, los cuales perdieron 54.26 y 49.73% de agua, respectivamente.

Se observan diferencias significativas ($p < 0.05$) al comparar los resultados de pérdida de agua entre los geles de PSS de carne y CDM, a excepción de la CDM comercial la cual fue similar a la carne de pierna. Los geles de carne presentaron una pérdida de agua promedio de 29.31%, mientras que los de CDM tuvieron 65.76% de pérdida. Estos resultados indican que los geles de PSS de las CDM tienen menor

capacidad de retener agua en su estructura proteica. Esto puede ser debido a que en el sistema modelo de la CDM hay menos cantidad de miosina, como se observa en los patrones de electroforesis mostrados en la figura 10.

La cantidad de proteína, principalmente de miosina, determina la formación de la red tridimensional del gel y el atrapamiento del agua en su estructura. Con respecto a lo anterior, Camou *et al.* (1989) trabajaron con geles de proteínas a diferentes concentraciones, extraídas del músculo semimembranoso de puerco y determinaron la pérdida de agua de los geles. Estos autores encontraron que en los geles formados a una concentración de proteína de 10 y 20 mg/ml, la pérdida aproximada de agua fue de 67%. En cambio, cuando los geles fueron formados de 30 a 50 mg/ml de proteína, la pérdida de agua fue del 37%. Lo anterior muestra que a bajas concentraciones de proteína, el gel formado es incapaz de atrapar agua eficientemente. Por lo tanto, las diferencias en la pérdida de agua de los geles de PSS de las CDM puede ser debidas a las diferencias en la cantidad de miosina en el sistema modelo, según se muestra en la figura 10.

Propiedades Emulsificantes

Las propiedades emulsificantes de las proteínas fueron expresadas en términos de absorbancia ocasionada por la turbidez de emulsiones diluidas. Los resultados se presentan en el cuadro 10. Las PSS de la carne de ala presentaron valores significativamente ($P < 0.05$) más altos de absorbancia, 0.110, comparados con los presentados por las PSS de la carne de la pierna y pechuga, 0.082 y 0.086, respectivamente.

Cuadro 10. Turbidez de Emulsiones de PSS de Carne de Pavo y CDM de diferentes regiones anatómicas.

Muestra ¹	Turbidez (ABS 500 nm)
Alas	0.110 ^a
Alas*	0.063 ^{bc}
Pierna	0.082 ^c
Pierna*	0.054 ^b
Pechuga	0.086 ^c
Carcaje*	0.066 ^{bc}
Control*	0.066 ^{bc}
Comercial*	0.075 ^{bc}

Medias con diferente superíndice son significativamente diferentes ($p < 0.05$).

¹n= 3

No se observan diferencias significativas ($P > 0.05$) en la turbidez de las emulsiones de PSS de las CDM, las cuales presentaron una absorbancia promedio de 0.065. Posiblemente esto este ligado a la desnaturalización de proteínas que sufrieron durante el proceso de obtención de la CDM.

Al comparar la absorbancia de emulsiones de carne y CDM, se observa que las primeras presentaron una absorbancia promedio de 0.093, mientras que en las emulsiones de las CDM fue de 0.065. Sólo se observan diferencias significativas ($p < 0.05$) entre la carne de ala y las CDM.

En los sistemas modelos estudiados, como anteriormente se discutió, se presentan diferencias en la cantidad relativa de proteínas en el medio, principalmente de miosina

(figura 10). Posiblemente esto también influyó en determinar las diferencias en las propiedades de emulsificación de lípidos entre PSS de CDM y carne de ala CDM.

Patrones Electroforéticos

Electroforesis de Extractos de Proteínas Solubles en Solución Salina

En la figura 10 se presentan los patrones de proteínas en gel de poliacrilamida y SDS de los extractos de PSS. La línea 1 contiene los marcadores de pesos moleculares, anhidrasa carbónica (31 kDa), ovoalbúmina (45 kDa), albúmina de suero bovino (66.2 kDa), fosforilasa B (97.4 kDa), β -galactosidasa (116.25 kDa) y miosina (200 kDa) (Bio-Rad laboratories 2000 Alfred Nobel Drive, Hercules, CA 94547), las líneas 2, 4 y 6 presentan los patrones de las PSS de la carne manualmente deshuesada de alas, pierna y pechuga respectivamente. Las líneas 3, 5, 7, 8 y 9 presentan los perfiles proteicos de los extractos de CDM de alas, pierna, carcaje, control y comercial, respectivamente.

Los perfiles proteicos parecen ser similares, pero la concentración de algunas proteínas difiere dependiendo de la muestra. Los patrones de proteínas de los extractos de las pastas presentan una banda menos intensa en la región de los 200 kDa, correspondiente a la cadena pesada de la miosina. Esto sugiere que las soluciones de proteínas obtenidas de las pastas poseen menor cantidad de miosina, lo que concuerda con los resultados de gelificación, los cuales son también menor en estas muestras, como ya se señaló.

Electroforesis del Agua Liberada de los Geles de Proteínas Solubles en Solución Salina

La figura 11 muestra los patrones de electroforesis en gel de poliacrilamida y SDS del agua liberada después de la compresión de los geles. La línea 1 contiene los marcadores de pesos moleculares antes mencionados. El orden de las muestras en las líneas siguientes es similar al anteriormente descrito.

Los patrones de proteínas parecen ser también similares en todas las muestras, pero la intensidad de algunas bandas es diferente. Parece haber una mayor cantidad de proteínas que no forman la estructura del gel en las muestras de las CDM. Se presenta una banda más intensa en la región de los 66 kDa correspondiente a la albúmina en el agua liberada de los geles de PSS de CDM. Posiblemente durante la extracción de PSS se hayan arrastrado gran cantidad de otras proteínas como la albúmina. Las PSS como lo mencionan Camou y Sebranek (1989), involucra tanto a las proteínas miofibrilares como algunas sarcoplásmicas.

Todas las muestras presentan la banda correspondiente a la tropomiosina (isoformas α y β). Estas proteínas no interactúan durante la formación de la red tridimensional del gel al aplicar condiciones de calor. Este hecho ha sido reportado anteriormente en estudios de proteínas con otras especies (Samejima *et al.*, 1982; Camou y Sebranek, 1991).

Isoformas de la Cadena Pesada de la Miosina

La figura 9 presenta los patrones de electroforesis de la carne roja de la pierna y blanca de la pechuga y alas. En estos patrones de electroforesis se destaca la presencia de isoformas de la cadena pesada de la miosina, alrededor de los 200 kDa. En cada una de las muestras pueden verse dos bandas, las cuales parecen ser similares en la carne blanca de la pechuga y alas pero difieren a las bandas de la carne roja de la pierna. La presencia de isoformas de la miosina ha sido reportada en otras especies por otros investigadores (Picard *et al.*, 1994). Estos autores trabajaron con los músculos *Masseter* y *Cutaneus trunci* de bovino. El primero es un músculo rojo y el segundo es un músculo blanco. En el músculo blanco aparecen dos isoformas, mientras que en el músculo rojo sólo aparece una banda de menor peso molecular.

Xiong (1994) menciona que la miosina de músculos blancos contiene dos residuos de 3-metil histidina, mientras que la miosina de músculos rojos no contiene este aminoácido. Posiblemente este aminoácido esté presente en la miosina de músculos blancos de la pechuga y alas de las muestras en este estudio, lo que ocasiona que una de las bandas de la cadena pesada de la miosina migre a una distancia menor que la banda de la miosina de músculo rojo. De cualquier manera, el hecho de encontrar diferentes isoformas de moléculas de miosina en músculos rojos y blancos, puede influenciar las propiedades funcionales, por ejemplo la capacidad gelificante (Xiong, 1994; Foegeding y Liu, 1995).

Pérdida de Proteínas

En el cuadro 11 se presentan los resultados de la pérdida de proteínas (PP) en el agua liberada de los geles después de la compresión y centrifugación.

Los geles de proteínas de las carnes no presentan diferencias significativas ($p > 0.05$) de PP. Los geles de proteínas de ala, pierna y pechuga perdieron 2.02, 2.015 y 2.09 mg/ml de proteínas, respectivamente.

Al comparar la PP entre los geles de las CDM, no se observan diferencias significativas ($p > 0.05$), excepto para los de CDM comercial. Esta última presentó una PP de 1.55 mg/ml y para las CDM de ala, pierna, carcaje y control fue de 3.77, 4.057, 2.48 y 3.45 mg/ml respectivamente.

Los geles de proteínas de las carnes presentaron una PP promedio de 2.04 mg/ml, mientras que los geles de las CDM tuvieron 3.06 mg/ml. Aunque sólo se presentaron diferencias significativas ($p < 0.05$) entre los geles de la CDM de pierna y carnes, se observa una tendencia de los geles de las CDM a perder mayor cantidad de proteínas. Esta pérdida de proteínas en estas muestras indica que la interacción proteína-proteína fue deficiente y las proteínas liberadas fueron incapaces de participar en la formación de la red tridimensional del gel. A la PP de estas muestras se le suma la cantidad de agua liberada, ya que como se observa en el cuadro 9, presentado anteriormente, la cantidad de agua liberada es elevada al compararla con los valores provenientes de las muestras de carne deshuesada manualmente. La PP en el agua liberada puede ser indicativo de: (1) los procesos de interacción proteína-proteína no se realizan eficientemente, (2) las

Cuadro 11. Resultados de la concentración de proteínas en el agua liberada de los geles de PSS de las diferentes muestras estudiadas, después de la centrifugación.

Muestra ¹	Concentración de Proteínas (mg/ml)
Alas	2.025 ^{ab}
Alas*	3.770 ^{bc}
Pierna	2.015 ^{ab}
Pierna*	4.057 ^c
Pechuga	2.095 ^{ab}
Carcaje*	2.480 ^{abc}
Control*	3.450 ^{bc}
Comercial*	1.555 ^a

*Carne Deshuesada Mecánicamente.

Medias con diferente superíndice son significativamente diferentes ($p < 0.05$)

¹n=3.

proteínas liberadas son proteínas diferentes a las involucradas en la formación del gel. En cuanto al primer punto, Camou y Sebrnek (1991) indican que la velocidad de calentamiento (lenta 17 °C/hr y rápida 85 °C/hr) de las PSS durante la formación del gel tiene un efecto sobre la PP en el agua liberada, principalmente a bajas concentraciones de PSS (23 mg/ml). Sugieren que a menor velocidad de calentamiento las interacciones proteína-proteína se dan en una forma más eficiente, permitiendo la formación del gel en una forma más ordenada. Xiong y Blanchard (1992) reportan que las interacción proteína-proteína son también eficientes a bajas concentraciones de proteínas (menores de 0.5 g/L).

En cuanto al segundo punto, referido a las proteínas que no participan en la formación del gel, puede verse claramente en la figura 11 que los patrones de electroforesis del agua liberada de los geles de PSS de las CDM presentan mayor cantidad de proteínas que no están involucradas en el proceso de gelificación. Puede verse que la banda de los 66 kDa, correspondiente a la albúmina, se presenta más intensa. Esta proteína pudo haberse arrastrado durante la extracción de PSS. La CDM posiblemente se enriqueció con ella debido a la incorporación de componentes de la médula ósea a la CDM.

La albúmina, como lo reportan Foegeding *et al.* (1986a), tiene la capacidad de gelificar a temperaturas mayores de 85 °C, pero además puede interactuar con la miosina y formar geles rígidos también a temperaturas mayores de 85 °C (Foegeding *et al.*, 1986b). La temperatura máxima alcanzada durante el calentamiento de nuestras soluciones de PSS fue de 70 °C, por lo tanto esta proteína no tuvo una participación importante en la formación del gel, como puede observarse en los patrones electroforéticos de la figura 10. Estas observaciones fueron también realizadas por Foegeding *et al.* (1986b), quienes trabajaron con mezclas de proteínas de miosina y albúmina e indujeron la gelificación con la aplicación de calor. Estos investigadores determinaron los patrones electroforéticos de las proteínas que permanecían solubles a diferentes temperaturas de calentamiento. Encontraron que la albúmina permanece soluble hasta los 70 °C, pero cuando la mezcla se calienta hasta los 85 °C, la albúmina interactúa con la miosina durante la formación del gel.

Evaluación de la Funcionalidad de Carne y Carne Deshuesada Mecánicamente
a través del Tiempo de Almacenamiento

Fuerza de Gel

Los resultados de la fuerza de gel (FG) de PSS de la carne manual y mecánicamente deshuesada almacenadas por cuatro meses en congelación a $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$, se presentan en el cuadro 12. En cuanto a los geles de PSS de las carnes de alas, pierna y pechuga, la FG al inicio del almacenamiento fue de 0.215, 0.158 y 0.299 KgF. Al término del estudio, la FG de estas muestras fue de 0.262, 0.134 y 0.420 KgF, respectivamente. En los tres tipos de carnes, la FG no presentó una tendencia a disminuir a lo largo del almacenamiento. Sin embargo se presentó un aumento significativo ($P < 0.05$) en algunos meses evaluados, principalmente en el segundo. Esta elevación en los valores de FG puede estar relacionado a las características intrínsecas de la proteína o a pequeñas variaciones en los factores que determinan la funcionalidad de las PSS, tales como el pH y fuerza iónica del medio.

Los geles de PSS de las CDM no presentaron disminución en la FG a través del tiempo de almacenamiento ($P > 0.05$). Sin embargo, al segundo mes se presentó un aumento al igual que en las carnes. Las PSS de alas, pierna y carcaje presentaron una FG de 0.042, 0.071 y 0.035 KgF respectivamente, al inicio del almacenamiento. Al final de este periodo, la FG de estas mismas muestras fue de 0.046, 0.061 y 0.092 KgF, respectivamente.

Cuadro 12. Resultados de Fuerza de Gel de PSS de Carne y Carne Mecánicamente Deshegada Almacenada Durante Cuatro Meses a -18 °C.

Muestra ¹	Tiempo de almacenamiento (Meses)				
	0	1	2	3	4
Alas	0.215 ^a	0.200 ^a	0.413 ^b	0.358 ^{ab}	0.262 ^{**}
Alas ^a	0.042 ^a	0.056 ^{ab}	0.064 ^a	0.059 ^{ab}	0.046 ^{**}
Pierna	0.158 ^a	0.142 ^a	0.450 ^b	0.292 ^a	0.134 ^a
Pierna ^a	0.071 ^{ab}	0.077 ^{ab}	0.088 ^b	0.080 ^{ab}	0.061 ^a
Pechuga	0.299 ^{ab}	0.216 ^a	0.523 ^c	0.539 ^c	0.420 ^{bc}
Carcaje ^a	0.035 ^a	0.113 ^{ab}	0.172 ^b	0.068 ^a	0.092 ^{ab}
Control ^a	0.146 ^a	0.128 ^a	0.092 ^a	0.094 ^a	0.122 ^a
Comercial ^a	**	0.101 ^a	0.235 ^b	0.112 ^a	0.099 ^a

Carne Deshegada Mecánicamente.

** No determinado.

Medias con diferente superíndice dentro de una misma línea son significativamente diferentes ($p < 0.05$).

¹n=3

Los geles de PSS de la CDM control siguió un comportamiento similar a los geles de PSS de la CDM comercial. Los primeros presentaron una FG de 0.146 KgF al inicio del estudio y 0.122 al final. Los geles de PSS de la CDM comercial no fueron evaluados en el primer mes de almacenamiento. En el segundo mes, la FG fue de 0.101 KgF y al final de 0.099 KgF.

En este estudio la FG de las PSS de las muestras almacenadas en congelación a -18°C por cuatro meses, no presentaron disminución aparente desde el inicio y hasta el final del período de almacenamiento. Es posible que las condiciones de vacío y uso de antioxidantes empleadas durante el almacenamiento de las muestras, haya contribuido en minimizar la desnaturalización de proteínas. Estudios realizados por Jantawat (1980) muestran el efecto de la presencia de aire y condiciones de vacío sobre la estabilidad de la CDM almacenada a -18°C por tres meses. En el trabajo realizado por este investigador, evaluó los procesos oxidativos mediante la medición de los valores de ácido tiobarbitúrico (TBA). Encontró que las muestras almacenadas bajo condiciones de vacío presentaban valores bajos de TBA, comparados con los presentados por las muestras almacenadas sin vacío, sugiriendo con esto una marcada disminución en los procesos oxidativos en muestras almacenadas al vacío.

Es conocido que las principales causas de desnaturalización de proteínas en la carne almacenada en congelación son las reacciones con lípidos oxidados y daños por cristales de hielo. La primer causa puede ser eficazmente controlada con el uso de antioxidantes, como lo demuestra el trabajo realizado por Smith (1987). Este investigador

estudió el efecto del tiempo de almacenamiento durante 26 semanas a $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ de la carne de pavo deshuesada mecánicamente, sobre la oxidación de los lípidos. Reportó que los valores de TBA no se incrementaron al final del tiempo de almacenamiento e indicó que el uso de antioxidantes previó algo de la desnaturalización de las proteínas durante el congelamiento. Sin embargo sugiere que son posibles los procesos de desnaturalización de las proteínas en CDM debido a que el proceso de obtención causa el rompimiento celular e intermezclado de los componentes celulares, facilitando las interacciones soluto-proteínas, daño por cristales de hielo y reacciones con lípidos no oxidados, acelerando la velocidad de desnaturalización de las proteínas.

Pérdida de Agua de los Geles de Proteínas Solubles en Solución Salina

Los resultados de pérdida de agua en los geles de PSS de carne y carne deshuesada mecánicamente (CDM) almacenadas en congelación, se muestran en el cuadro 13.

La pérdida de agua de los geles presentan un comportamiento inverso a la FG. En cuanto a las muestras de carne de alas, pierna y pechuga, los geles de PSS de éstas presentaron una pérdida de agua al inicio del almacenamiento de 27, 36 y 26%, respectivamente. La pérdida de agua al final del estudio fue de 23, 42 y 27%, para las mismas muestras. En los geles de PSS de los tres tipos de carne no se observa un aumento significativo ($p>0.05$) en la pérdida de agua al final del estudio.

Cuadro 13. Resultados de Pérdida de Agua de los Geles de PSS Después de la Compresión de las Muestras de Carne y CDM Almacenadas Durante Cuatro Meses a - 18 °C.

Muestras ¹	Tiempo de Almacenamiento (Meses)				
	0	1	2	3	4
Alas	27.0 ^a	25.0 ^a	21.1 ^a	22.3 ^a	23.0 ^a
Alas ^a	69.8 ^a	66.2 ^{ab}	60.0 ^b	65.1 ^{ab}	69.0 ^a
Pierna	34.9 ^{ab}	46.3 ^b	22.5 ^a	24.5 ^a	42.3 ^b
Pierna ^a	74.8 ^a	74.6 ^a	63.9 ^a	68.6 ^{ab}	66.7 ^a
Pechuga	26.0 ^a	33.1 ^a	25.3 ^a	26.1 ^a	26.9 ^a
Carcaje ^a	80.2 ^a	65.3 ^{ab}	52.0 ^b	68.8 ^{ab}	54.3 ^b
Control ^a	54.3 ^a	67.7 ^a	56.3 ^a	66.0 ^a	50.2 ^a
Comercial ^a	**	49.7 ^{ab}	41.4 ^b	54.6 ^a	59.3 ^a

¹ Carne Desbuesada Mecánicamente

** No determinado

Medias con diferente superíndice dentro de una misma línea son significativamente diferentes ($p < 0.05$).

¹ n=3

Los geles de PSS de la CDM de alas, pierna y carcaje presentan un comportamiento similar al anteriormente descrito. No hay un aumento significativo ($p > 0.05$) de pérdida de agua. La pérdida de agua de los geles de éstas muestras fue de 70, 75 y 78%, respectivamente al inicio del almacenamiento, mientras que al final de este periodo fue de 69, 66 y 54%, respectivamente.

Los geles de PSS de la CDM control presentaron un 54% de pérdida de agua al inicio y 50% al final, no presentándose diferencias a lo largo del tiempo de almacenamiento ($p > 0.05$). La pérdida de agua de las PSS de la CDM comercial no fue registrada en el primer mes de almacenamiento, pero en el segundo estas muestras presentaron una pérdida de agua del 50% y al final fue de 59%. No hubo un aumento aparente en la pérdida de agua desde el inicio hasta el final del estudio.

Los geles de PSS de las muestras estudiadas no presentaron una aumento en la pérdida de agua desde el inicio hasta el final del almacenamiento. La formación de la red tridimensional durante la gelificación ayuda a atrapar agua dentro de su estructura. Es por esta razón que las condiciones que ayudan a minimizar la desnaturalización de proteínas durante el almacenamiento de la carne, como son el uso antioxidantes y empaques al vacío, repercuten en la formación de la red tridimensional y por consiguiente en la capacidad de retención de agua, como anteriormente se señaló a partir de estudios realizados por Jantawat (1980) y Smith (1987).

Propiedades Emulsificantes

Los resultados de turbidez de las emulsiones de PSS de la carne y CDM almacenada en congelación, expresada en términos de absorbancia, se presentan en el cuadro 14. Las PSS de las carnes deshuesadas manualmente de alas, pierna y pechuga, no presentaron una disminución significativa en la absorbancia de la emulsión ($p>0.05$). Los valores de absorbancia de las emulsiones de PSS de éstas muestras al inicio del almacenamiento fueron de 0.11, 0.082 y 0.086, respectivamente. Al final del estudio, la absorbancia para éstas mismas muestras fue de 0.093, 0.072 y 0.085.

Las emulsiones de PSS de las CDM de alas, pierna y carcaje presentaron una absorbancia de 0.063, 0.054 y 0.066, respectivamente, al inicio del almacenamiento. La absorbancia de éstas mismas muestras al final del estudio fue de 0.055, 0.059 y 0.059. En estas muestras no hubo una disminución significativa en la absorbancia a través del tiempo de almacenamiento ($p>0.05$).

Las emulsiones de PSS de la CDM control y comercial no presentaron una disminución en la absorbancia por efecto del tiempo del almacenamiento ($p>0.05$). La absorbancia de éstas muestras al inicio fue de 0.066 y 0.075, respectivamente, mientras que al final ambas presentaron una absorbancia de 0.059.

En ninguna de las muestras estudiadas, la absorbancia de las emulsiones disminuyó por efecto del almacenamiento. Un comportamiento similar fue reportado por Dhillon y Maurer (1975), sólo que estos investigadores midieron la capacidad de emulsificación

Cuadro 14. Resultados de Turbidez (abs 500 nm) de Emulsiones de PSS al 0.1% de las Muestras de Carne y CDM Almacenada Durante Cuatro Meses a -18 °C.

Muestras ¹	Tiempo de Almacenamiento (Meses)				
	0	1	2	3	4
Alas ²	0.110 ^a	0.107 ^a	0.105 ^a	0.103 ^a	0.093 ^a
Alas ²	0.063 ^a	0.052 ^a	0.058 ^a	0.059 ^a	0.055 ^a
Pierna	0.082 ^a	0.092 ^a	0.094 ^a	0.083 ^a	0.072 ^a
Pierna ²	0.054 ^a	0.061 ^{ab}	0.065 ^{ab}	0.072 ^b	0.059 ^a
Pechuga	0.086 ^a	0.108 ^a	0.108 ^a	0.086 ^a	0.085 ^a
Carcaje ²	0.066 ^a	0.045 ^b	0.044 ^b	0.075 ^c	0.059 ^{ab}
Control ²	0.066 ^{ab}	0.057 ^{ab}	0.050 ^a	0.075 ^b	0.059 ^{ab}
Comercial ²	0.075 ^{ab}	0.065 ^{ab}	0.063 ^{ab}	0.077 ^b	0.059 ^a

²Carne Desheusada Mecánicamente

Medios con diferente superíndice dentro de una misma línea son significativamente diferentes ($p < 0.05$).

¹n=3

(CE) de la CDM durante seis meses en congelación a $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$. La CE fue expresada como mililitros de aceite emulsificados por cada 2.5 gr de CDM. Los resultados de la CE de la CDM al inicio de la investigación fue de 133.5 ml aceite/2.5 gr CDM y al final de los seis meses fue de 129.0 ml aceite/2.5 gr CDM. Además de la CE, éstos investigadores midieron los cambios de color y capacidad de retención de agua. Sus resultados indican que la CDM puede ser almacenada a éstas temperaturas por al menos seis meses y se conservará aceptable para su utilización en productos emulsificados.

Análisis Químico de la Carne Deshuesada Mecánicamente y Carne

Se realizó un análisis químico a todas las muestras de carne utilizadas en el estudio (cuadro 15). Dicho análisis se hizo con tres repeticiones y por triplicado en cada repetición.

La composición química proporciona una herramienta útil para estimar la calidad de la pasta obtenida. Dicha composición depende del equipo de separación utilizado, de las condiciones de la máquina separadora y de la materia prima utilizada (Crosland *et al.*, 1995).

El contenido de humedad fue significativamente mayor ($p < 0.05$) en las muestras de carne deshuesadas manualmente que aquellas deshuesadas mecánicamente. Para las primeras, osciló entre 74.15 y 76.41% y para las últimas fue entre 51.57 y 66.10%.

Cuadro 15. Análisis Químico de la Carne Deshuesada Mecánicamente y Carne.

Muestra ¹	Humedad (%)	Proteína (%)	Grasa (%)	Ceniza (%)	Calcio (%)	Hueso (%)
Alas	76.41 ^a	19.44 ^a	2.19 ^a	0.87 ^a	**	**
Alas [*]	51.57 ^b	10.51 ^b	34.22 ^b	2.41 ^b	0.79 ^{ab}	3.57 ^b
Pierna	75.92 ^{ac}	18.98 ^a	3.01 ^a	0.80 ^a	**	**
Pierna [*]	54.44 ^d	12.47 ^c	28.84 ^c	3.13 ^c	1.10 ^a	4.95 ^b
Pechuga	74.15 ^d	22.23 ^d	1.55 ^a	0.98 ^a	**	**
Carcaje [*]	61.32 ^e	12.31 ^e	23.28 ^d	1.80 ^d	0.65 ^a	2.86 ^c
Control [*]	58.91 ^f	11.37 ^e	26.25 ^e	2.36 ^b	0.94 ^{ac}	4.77 ^a
Comercial [*]	66.10 ^g	14.53 ^f	17.45 ^f	0.64 ^a	0.06 ^d	0.21 ^d

Medias con diferente superíndice dentro de una misma columna presentan diferencias significativas ($p < 0.05$)

** No determinado

¹Carne Deshuesada Mecánicamente

²n=3.

El contenido de grasa presentó un comportamiento inverso al contenido de humedad. En las carnes deshuesadas mecánicamente osciló entre 17.45 y 34.22%, siendo menor en la pasta comercial y mayor en la pasta proveniente de las alas. El alto contenido de grasa en las muestras de alas y pierna (34.2 y 28.84%) puede ser debido al elevado contenido de médula ósea que contienen y que se libera por acción del triturado de los huesos. La médula ósea es un material rico en grasa, según Moerck y Ball (1973). Estos autores reportan un 46.5% de grasa en médula ósea de huesos de pollo.

Bourgeois y Le Roux (1986) reportan que el rango normal del contenido graso en CDM es de 6 a 30%. Los resultados del contenido de grasa encontrados en este análisis concuerdan con los reportados por estos autores, excepto para las muestras de CDM de la región de las alas. En cuanto a las carnes deshuesadas manualmente, no se presentaron diferencias significativas ($p > 0.05$) en el contenido de grasa, oscilando entre 1.55 y 3.01%. No obstante lo anterior, la carne oscura de la pierna presenta ligeramente un mayor contenido. Estos resultados concuerdan con los reportados por Bodwell y Anderson (1986), quienes reportan un contenido de grasa de 1.56% para la carne blanca y 4.38% para la carne oscura.

El contenido de proteínas fue estadísticamente diferente ($p < 0.05$) en las pastas, siendo menor en aquella proveniente de las alas y mayor en la pasta comercial (10.51 y 14.53% respectivamente), pero similar en el resto de las pastas. En cuanto a las carnes deshuesadas manualmente, la carne de la pechuga presentó un contenido de proteínas más elevado que la carne oscura de la pierna, siendo éste de 22.23% y 18.98%

respectivamente. Bodwell y Anderson (1986) reportan un contenido de proteínas del 23.56% para la carne blanca de pavo y 20.07% para la carne oscura, muy similares a los encontrados en nuestro trabajo.

El contenido de cenizas fue estadísticamente similar ($p>0.05$) en muestras de carne manualmente deshuesadas, siendo éstas de 0.80, 0.87 y 0.98% para las muestras de pierna, alas y pechuga respectivamente. Estos resultados concuerdan con los reportados por Bodwell y Anderson (1986), cuyos valores están en el rango de 0.9 a 1.0%.

En cuanto a las muestras de carne deshuesadas mecánicamente, el contenido de cenizas varió dependiendo de la muestra. El menor contenido se presentó en la pasta comercial y fue de 0.64%, similar a las muestras manualmente deshuesadas, mientras que el contenido mayor se encontró en la pastas de pierna (3.13%). La pasta de alas y la resultante de todo el esqueleto del animal, presentaron un contenido similar (2.41 y 2.36%). El alto contenido de cenizas en las pastas pudo ser debido a las condiciones de obtención y al equipo de separación utilizado. La máquina Paoli utilizada en el deshuesado es un equipo de separación por presión mecánica y operación continua, lo cual involucra el triturado de los huesos, pudiendo enriquecer de este material a la pasta resultante. Por otro lado, el ajuste del equipo pudo ser tal que la presión sobre las perforaciones del rotor resultó intensa, lo que permitió el paso de una gran cantidad de partículas de hueso. Las condiciones antes mencionadas pudieron enriquecer de calcio las pastas obtenidas. Los resultados del contenido de calcio y hueso muestran ser altos en las pastas obtenidas al compararlas con la pasta comercial. Crosland *et al.* (1995) encontraron

un elevado contenido de calcio en pastas (0.51%) obtenidas con un equipo de deshuesado Yieldmaster de operación discontinua, el cual trabaja bajo el mismo principio que la máquina Paoli. Otra causa del alto contenido de cenizas, calcio y hueso puede ser el tipo de hueso utilizado en la obtención de la pasta. Los huesos largos como los de la pierna son más quebradizos y producen partículas más finas que pueden atravesar las perforaciones del filtro, enriqueciendo la pasta resultante.

un elevado contenido de calcio en pastas (0.51%) obtenidas con un equipo de deshuesado Yieldmaster de operación discontinua, el cual trabaja bajo el mismo principio que la máquina Paoli. Otra causa del alto contenido de cenizas, calcio y hueso puede ser el tipo de hueso utilizado en la obtención de la pasta. Los huesos largos como los de la pierna son más quebradizos y producen partículas más finas que pueden atravesar las perforaciones del filtro, enriqueciendo la pasta resultante.

CONCLUSIONES

Las PSS de músculos blancos (pechuga) presentan mejor capacidad de gelificación que las PSS de músculos oscuros (pierna). Se detectaron isoformas de miosina entre músculos blancos y músculos oscuros, lo cual presumiblemente se asocia a las diferencias en la funcionalidad. El análisis químico revela que hay diferencias en la composición, principalmente de proteínas, entre músculos blancos de la pechuga y oscuros de la pierna.

En general, la funcionalidad entre las PSS de las CDM fue muy similar, incluyendo a la CDM comercial.

En cuanto al análisis químico, la CDM comercial presenta valores más altos de proteínas, menor contenido de grasa, calcio y huesos. La CDM de alas y pierna presentan un contenido elevado de grasa, calcio y hueso, lo cual puede estar asociado a las características de la materia prima.

Las PSS de músculos (blancos y rojos) presentaron mejores propiedades funcionales que las PSS de CDM.

El tiempo de almacenamiento no parece tener algún efecto en la funcionalidad de las PSS de músculos y CDM. Es posible que el uso de antioxidantes y condiciones de vacío hayan contribuido a evitar la pérdida de funcionalidad.

La CDM y músculos almacenadas bajo nuestras condiciones, puede permanecer hasta por cuatro meses sin pérdida de la funcionalidad.

BIBLIOGRAFIA

- Acton, I., Ziegler, G., and Burge, D. 1983. Functionality of muscle Constituents in the Processing of Comminuted Meat Products. CRC Critical Reviews in Food Science and Nutrition. 18: 99.
- Acton, I., and Dick, R. 1984. Protein-Protein Interaction in Processed Meat. American Meat Science Association. 37: 36.
- AOAC. 1990. Official Methods of Analysis. Association of Official Analytical Chemists. Washington, DC.
- Ashmore, C. 1974. Phenotypic expression of Muscle Fiber Types and some Implications to Meat Quality. Journal Animal Science. 38: 1158-1164.
- Badui, S. 1984. Química de los Alimentos. Segunda edición. Editorial Alhambra. Impreso en México. pp. 230.
- Bárány, K., Bárány, M. and Giometti, C. 1995. Polyacrylamide Gel Electrophoretic Methods in the Separation of Structural Muscle Proteins. Journal of Chromatography A, 698: 301-332.
- Barbut, S., Arrington, L., and Maurer, A. 1984. Optimum Utilization of Turkey in Summer Sausages. Poultry Science. 63: 1160-1169.
- Barbut, S., Josephson, D., and Maurer, A. 1985. Antioxidant Properties of Rosemary Oleoresin in Turkey Sausage. Journal of Food Science. 50: 1356-1359.
- Barbut, S., Cassens, R., and Maurer, A. 1985. Morphology and Texture of Turkey Summer Sausages. Poultry Science. 64: 932-936.
- Bodwell, C., and Anderson, B. 1986. Nutritional Composition and Value of Meat and Meat Products. Meat as Food. Ed. by Bechtel, P. Ed. Academic Press, Inc. Printed in the USA. pp 330.
- Bourgeois, C., y LeRoux, P. 1986. Proteínas Animales. Editorial El Manual Moderno. Primera Edición. México, D.F. pp 35.

- Camou, J.P. 1989. Gelation Properties of Porcine Muscle Proteins. Tesis Doctoral. Iowa State University, Ames, Iowa, EUA.
- Camou, J., Sebranek, J., and Olson, D. 1989. Effect of Heating Rate and Protein Concentration on Gel Strength and Water Loss of Muscle Protein Gels. Journal of Food Science. 54: 850.
- Camou, J., and Sebranek, J. 1991. Gelation Characteristics of Muscle Proteins from Pale, Soft, exudative (PSE) Pork. Meat Science. 30: 207-220.
- Crosland, A., Patterson, R., and Higman, R. 1995. Investigation of Methods to Detect Mechanically Recovered Meat in Meat Product-I: Chemical Composition. Meat Science. 40: 289-302.
- Cunningham, F., and Froning, G. 1972. A Review of Factors Affecting Emulsifying Characteristics of Poultry Meat. Poultry Science. 51: 1714-1720.
- Daum-Thunberg, D., Foegeding, E., and Ball, H. 1992. Rheological and Water-Holding Properties of Comminuted Turkey Breast and Thigh: Effects of Initial pH. Journal of food Science. 57: 333-337.
- Deng, J., Toledo, R., and Lillard, D. 1981. Protein-Protein Interaction and Fat and Water Binding in Comminuted Flesh Products. Journal of Food Science. 46: 1117-1121.
- Dhillon, A., and Maurer, A. 1975. Stability Study of Comminuted Poultry Meats in Frozen Storage. Poultry Science. 54: 1407-1414.
- Dudziak, J., Foegeding, E., and Knopp, I. 1988. Gelation and Thermal Transitions in Post-Rigor Turkey Myosin/Actomyosin Suspensions. Journal of Food Science. 53: 1278-1281
- Fennema, O. 1990. Comparative Water Holding Properties of Various Muscle Foods. Journal of Muscle Foods. 1: 363-381.
- Foegeding, E., Dayton, W., and Allen, C. 1986a. Effect of Heating on Thermally Formed Myosin, Fibrinogen and Albumin Gels. Journal of Food Science. 51: 104-108.
- Foegeding, E., Dayton, W., and Allen, C. 1986b. Interaction of Myosin-Albumin and Myosin-Fibrinogen to form Protein Gels. Journal of Food Science. 51: 109-112.

- Foegeding, E. 1987. Functional Properties of Turkey Salt Soluble Protein. Journal of Food Science. 52: 1495.
- Foegeding, E. 1990. Development of a test to Predict Gelation Properties of Raw Turkey Muscle Proteins. Journal of food Science. 55: 932-936.
- Foegeding, E. Brekke, C., and Xiong, Y. 1991. Gelation of Myofibrillar Protein. 1991. American Chemical Society. 18: 257-267.
- Foegeding, E., and Liu, M. 1995. Functional Differences of Myofibrillar Proteins from Fast and Slow Twitch Muscle. Journal of Muscle Foods. 6: 109-123.
- Forrest, J., Aberle, E., Hedrick, H., Judge, M., and Merkel, R. 1975. Fundamentos de Ciencia de la Carne. Ed. Acribia. México, D.F.
- Fried, I. 1976. Regulatory Considerations Concerning Mechanically-Deboned Red Meat. Food Technology. 30: 35-37.
- Froning, G. 1970. Poultry Meat Sources and their Emulsifying Characteristics as Related to Processing Variables. Poultry Science. 49: 1625.
- Froning, G., and Janky, D. 1971. Effect of pH and Salt Preblending on Emulsifying Characteristics of Mechanically Deboned Turkey Frame Meat. Poultry Science. 50: 1206-1209.
- Froning, G., Arnold, R., Mandigo, R., Neth, C., and Hartung, T. 1971. Quality and Storage Stability of Frankfurters Containing 15% Mechanically Deboned Turkey Meat. Journal of Food Science. 36: 974-978.
- Froning, G. 1976. Mechanically Deboned Poultry Meat. Food Technology. 30: 50-63.
- Froning, G. 1981. Mechanical Deboning of Poultry and Fish in Advances in Food Research. Ed. by Chichester, C., Mrak, E., and Stewart, G. Academic Press Inc. New York. 27: 109
- Galluzzo, S., and Regenstein, J. 1978. Emulsion Capacity and timed Emulsification of Chicken Breast Muscle Myosin. Journal of Food Science. 43: 1757-1760.
- Gillett, T., Meiburg, D., Brown, C., and Simon, S. 1977. Parameters Affecting Meat Protein Extraction and Interpretation of Model System Data for Meat Emulsion Formation. Journal of Food Science. 42: 1606-1610.

- Gornall, A., Bardwill, C., and David, M. 1949. Determination of Serum Proteins by Means of the Biuret Reaction. Journal Biol. Chem. 177: 751.
- Hashimoto, K., Watabe, S., Kono, M. and Shiro, K. 1979. Muscle Protein Composition of Sardine Mackerel. Bulletin of Japanese Society of Scientific Fisheries. 45: 1435.
- Hermansson, A. 1979. Aggregation and Denaturation Involved in Gel Formation. American Chemical Society 49: 81-103.
- Hoogenkamp, H. 1987. Variables in Mechanically Deboned Meat. In Proceedings of Annual Sausage and Processed Meat Short Course, R.E. Rust (Ed.), Animal Science Department, Iowa State University, Ames, Iowa, USA.
- INEGI. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. 1993. Anuario Estadístico del Estado de Sonora.
- INEGI. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. 1994. Anuario Estadístico del Estado de Sonora.
- Ishioroshi, M., Samejima, K., and Yasui, T. 1979. Heat-Induced Gelation of Myosin Factors of pH and Salt Concentrations. Journal of Food Science. 44: 1280-1284.
- Ishioroshi, M., Samejima, K., Arie, Y., and Yasui, T. 1980. Effect of Blocking the Myosin-actin Interaction in Heat-induced Gelation of Myosin in the Presence of Actin. Agric. Biol. Chem. 44: 2185.
- Ishioroshi, M., Samejima, K., and Yasui, T. 1981. Further Studies on the Roles of Head and Tail Regions of the Myosin Molecule in Heat-induced Gelation. Journal of Food Science. 47: 114-120.
- Jantawat, P. 1980. Effect of Air at Various Tension Levels on Storage Stability of Mechanically Deboned Poultry Meats. Poultry Science. 59: 1788-1794.
- Jones, K. 1984. Protein Lipid Interactions in Processed Meats. Reciprocal Meat Conference Proceedings. 37: 52-57.
- Kerker, M. 1969. The Scattering of Light and Other Electromagnetic Radiation. Academic Press. London.

- Laemmli, U. 1970. Cleavage of Structural Proteins During the Assembly of the Head of Bacteriophage T4. Nature. 227: 680.
- MacNeil, I., Mast, M., and Leach, R. 1979. Protein Efficiency Ratio and Amounts of Selected Nutrients in Mechanically Deboned Meat. Journal of Food Science. 5: 1291-1293.
- Maxon, S., and Marion, W. 1970. Lipids of Mechanically Boned turkey. Poultry Science. 49: 1412.
- Moerck, K., and Ball, H. 1973. Lipids and Fatty Acids of Chicken Bone Marrow. Journal of Food Science. 38: 978-980.
- Montgomery, D. 1991. Diseño y Análisis de Experimentos. Grupo Editorial Iberoamérica. Tercera Edición. México, D.F.
- Morrissey, P., Mulvihill, D., and O'Neill, E. 1987. Functional Properties of Muscle Proteins. In Developments in Food Proteins-5. Ed. by Hudson, B. Elsevier Applied Science. Great Britain. pp 195.
- Murray, J., and Weber, A. 1974. The Cooperative Action of Muscle Proteins. Scientific American. 230: 58.
- Nuckles, R., Smith, D., and Merkel, R. 1990. Meat By-product Protein Composition and Functional Properties in Model System. Journal of Food Science. 55: 640.
- O'Neill, E., Morrissey, P., and Mulvihill, D. 1993. Heat-Induced Gelation of Actomyosin. Meat Science. 33: 61-74.
- Pearce, K., and Kinsella, E. 1978. Emulsifying Properties of Proteins: Evaluation of a Turbidimetric Technique. Journal Agricultural Food Chemistry. 26: 716-723.
- Pearson, A., and Young, R. 1989. Cytoskeletal and Other Proteins of the Myofibrils. In Muscle and Meat Biochemistry. Ed. Academic Press. Printed in the United States of America. pp 131.
- Picard, B., Leger, J., and Robelin, J. 1994. Quantitative Determination of Type I Myosin Heavy Chain in Bovine Muscle with Anti Myosin Monoclonal Antibodies. Meat Science. 36: 333-343.

- SAGAR. 1995. Secretaría de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural. Editado por la Secretaría de Plancación. México, D.F.
- Samejima, K., Ishioroshi, M., and Yasui, T. 1981. Relative Roles of the Head and Tail Portions of the Molecule in Heat-induced Gelation of Myosin. Journal of Food Science. 46: 1412-1418
- Samejima, K., Ishioroshi, M., and Yasui, T. 1982. Heat Induced Gelling Properties of Actomyosin: Effects of Tropomyosin and Troponin. Agricultural Biological Chemistry. 46: 535.
- Satterlee, L., Froning, G., and Janky, D. 1971. Influence of Skin Content on Composition of Mechanically deboned Poultry Meat. Journal of Food Science. 36: 979-981.
- Sharp, A., and Offer, G. 1992. The Mechanism of Formation of Gels from Myosin Molecules. Journal of the Science of Food and Agriculture. 58: 63-73.
- Siegel, D., and Schmidt, G. 1979. Ionic, pH and Temperature Effects on the Binding Ability of Myosin. Journal of Food Science. 44: 1686-1689.
- Smith, D. 1987. Functional and Biochemical Changes in Deboned Turkey due to Frozen Storage and Lipid Oxidation. Journal of Food Science. 52: 22.
- Smith, D. 1988. Meat Proteins: functional Properties in Comminuted Meat Products. Food Technology. 42 (4): 116.
- Wright, D. 1982. Application of Scanning Calorimetry to the Study of Protein Behavior in Foods. In Developments in Food Proteins-1, Ed. by Hudson, B. Applied Science Publishers. Printed in Great Britain. 1: 61.
- Whiting, R. 1988. Ingredients and Processing Factors that Control Muscle Protein Functionality. Food Technology. 42 (4): 104.
- Xiong, Y., Brekke, C., and Leung, H. 1987. Thermal Denaturation of Muscle Protein from Different Species and Muscle Types as Studied by Differential Scanning Calorimetry. Canadian Institute of Food Science and Technology. 20: 357-362.
- Xiong, Y. and Brekke, C. 1989. Changes in Protein Solubility and Gelation Properties of Chicken Myofibrils During Storage. Journal of Food Science. 54: 1141-1145.

- Xiong, Y., and Brekke, C. 1991. Gelation Properties of Chicken Myofibrils Treated with Calcium and Magnesium Chlorides. Journal of Muscle Foods. 2: 21-36.
- Xiong, Y. 1992. Thermally Induced Interactions and Gelation of Combined Myofibrillar Protein from White and Red Broiler Muscles. Journal of Food Science. 57: 581-585.
- Xiong, Y., and Blanchard, S. 1992. Concentration-dependent Thermal Aggregation of Muscle Salt-soluble Protein. Lebensm. Wiss. Technology. 25: 544-546.
- Xiong, Y. 1993. Muscle Fibre Type Effects Protein Functionality i Processed Meat. Meat Focus 2. 111-112.
- Xiong, Y. 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: 293-320.
- Xiong, Y., and Blanchard, S. 1994. Myofibrillar Protein Gelation: Viscoelastic Changes Related to Heating Procedures. Journal of Food Science. 59: 734-738.
- Yasui, T., Ishioroshi, M., and Samejima, K. 1980. Heat-Induced Gelation of Myosin in Presence of Actin. Journal of Food Biochemistry. 4: 61-78.
- Yasui, T., Ishioroshi, M., and Samejima, K. 1982. Effect of Actomyosin on Heat-induced Gelation of Myosin. Agricultural Biological Chemistry 46: 1049.
- Zhang, M., Mittal, G., and Barbut, S. 1995. Effects of Test Conditions on the Water Holding Capacity of Meat by a Centrifugal Method. Food Science and Technology. 28: 50-55.
- Ziegler, G., and Acton, J. 1984. Mechanisms of Gel Formation by Protein of Muscle Tissue. Food Technology. 38: 77-82