



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN

**EVALUACIÓN DEL EFECTO DE LA
ADICIÓN DE CONCENTRADO PROTEICO
DE SOYA EN UNA EMULSIÓN CÁRNICA**

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
INGENIERA EN ALIMENTOS

P R E S E N T A

MARTHA KAREN RAMÍREZ TORRES

Asesores: Dra. Adriana Llorente Bousquets

M. en C. Jonathan Coria Hernández

Cuautitlán Izcalli, Edo. de México 2015



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

AGRADECIMIENTOS

Primero quiero agradecerle a **Dios**, por haberme dado la dicha de concluir un ciclo de mi vida tan importante.

A la **Dra. Adriana Llorente Bousquets**, por siempre escucharme, guiarme y darme siempre palabras de aliento para seguir adelante, en verdad muchas gracias.

Al **M. en C. Jonathan Coria Hernández**, por dedicarme de su tiempo y conocimiento para llevar a cabo este proyecto.

A la **Dra. Rosalía Melendez Pérez**, por siempre escucharme, aconsejarme, apoyarme y guiarme, no solo académicamente, muchísimas gracias profesora por todo el apoyo brindado y siempre tener palabras de aliento para mí, la quiero mucho.

Al **Dr. José Luis Arjona Román**, por siempre dedicarme el tiempo para escucharme y darme sus consejos, lo quiero mucho.

A todos ustedes muchas gracias porque han sido parte importante para cerrar un ciclo más en mi vida.

DEDICATORIAS

A mis padres **Víctor** y **Martha**, por ser un gran ejemplo para mí y demostrarme que siempre se puede, por enseñarme a levantarme aunque la caída sea fuerte, por su gran apoyo, por sus consejos, por su tiempo brindado, porque también fue su esfuerzo para que yo pudiera llegar hasta aquí, por todo, realmente no podría plasmar en un papel lo agradecida y el amor tan grande que siento por ellos, LOS AMO PAPÁS.

A mi hermana **Lili**, mi gran amiga, mi compañera, mi confidente, gracias por tu apoyo, porque siempre te desvelaste conmigo en este camino, porque siempre me confortaste con tus consejos, TE AMO HERMANA.

A mi abuelita **Tere t**, mi segunda mamá, mi mejor amiga, mi compañera de vida y ahora mi ángel porque siempre me cuidaste y confiaste en mí, siempre fuiste y serás la mejor abuelita del mundo, gracias por todo, TE AMO.

A mi tío **Felipe** y mi tía **Gaby**, por apoyarme a lo largo de la carrera, gracias tíos porque siempre vieron la manera de hacerlo.

A mi madrina **Matiana**, por tu apoyo incondicional y por creer en mí, gracias madrina eres un gran ser humano.

A mi padrino **Juan**, por tu apoyo en momentos difíciles para mí y por darme palabras de aliento para salir adelante.

A mi tía **Tere** por aconsejarme, regañarme y guiarme por buen camino, gracias en verdad tía.

A mi primo **Fer** también mi hermano, porque has hecho amenos mis días con tus travesuras y tus niñerías, te quiero mucho.

A mis primas y también amigas **Laura** y **Yemile**, por enseñarme a sonreír a pesar de todo, por hacer amenos los fines de semana en los que estudiaba, por ser parte de mi vida, gracias.

Realmente estoy agradecida con todos mis tíos y primos porque de una u otra forma siempre recibí el apoyo de cada uno de ellos.

A mis amigos incondicionales **Vene Rojita, Maira Rosas, Mayra Paz, Karen Cruz, Yatziri, Mariana, Jimena, Brenda Rosa Morita, Bolo Daniel**, porque ustedes nunca me abandonaron y siempre me confortaron, muchas gracias colegas.

A **Maira Rosas**, mi colega, mi mejor amiga y también mi hermana, porque nunca me diste la espalda en momentos tan difíciles para mí, por tu apoyo incondicional, por tus consejos, por escucharme y acompañarme en este proyecto, en verdad muchas gracias, te adoro amiga.

A personas que se aparecieron en mi vida **Catherine, Paty, Abel, Lupita y David**, gracias porque ustedes me dieron el último empujón para poder lograr esto que es tan importante para mí y mi familia.

Al **Lic. Edder Figueroa**, mi compañero, mi mejor amigo, mi novio, gracias por aparecer en mi vida, por demostrar tu apoyo incondicional, por ser parte importante de este proyecto en verdad muchas gracias amor porque me has enseñado el valor que tiene el prepararse profesionalmente.

“No te conformes con lo que necesitas, lucha por lo que mereces”.

AGRADECIMIENTOS

Esta tesis forma parte de los proyectos del Taller Multidisciplinario de Ingeniería en Alimentos:

Procesos Tecnológicos de Productos Cárnicos,

Plan de estudio 2004 de la carrera de Ingeniería en Alimentos.

**Se desarrolló en el Laboratorio 7 de Bioconservación
en la Unidad de Investigación Multidisciplinaria (UIM)
de la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán.**

Agradezco al proyecto DGAPA-PAPIIT IT201312-3

**“Aplicación de alternativas de bioconservación y conservación para mejorar
la calidad de la carne y los productos cárnicos”
por el apoyo para la realización de este trabajo de tesis.**

“Cada logro comienza con la decisión de intentarlo.”

-Gail Devers.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE CUADROS.....	2
ÍNDICE DE FIGURAS.....	2
ABREVIATURAS.....	5
RESUMEN.....	7
INTRODUCCIÓN.....	8
CAPÍTULO 1 ANTECEDENTES.....	10
1. Carne.....	11
1.1 Conversión de músculo en carne	11
1.1.1 Calidad de la carne	13
1.2 Composición química de la carne	14
1.3 Proteínas de la carne	16
1.3.1 Miofibrilares	17
1.3.2 Sarcoplásmicas	21
1.3.3 Del tejido conectivo	24
1.3.4 Propiedades funcionales de la carne	25
1.3.4.1 Capacidad de Retención de Agua: CRA	26
1.3.4.2 Capacidad de emulsión: CE	29
1.3.4.3 Capacidad de gelificación	29
1.4 Clasificación de los productos cárnicos	30
1.4.1 Productos curados y cocidos	30
1.4.2 Salchicha tipo Viena	31
1.4.3 Funcionalidad de los ingredientes	31
1.5 Físicoquímica de las emulsiones	35
1.5.1 Emulsión cárnica	35
1.5.2 Desarrollo de una emulsión cárnica	36
1.5.3 Estabilidad de una emulsión cárnica	37
1.6 Uso de proteína de soya en la salchicha tipo Viena	39
1.6.1 Concentrado proteico de soya (CPS)	39
1.6.2 Propiedades funcionales del concentrado proteico de soya	41
CAPÍTULO 2 DESARROLLO EXPERIMENTAL.....	43
OBJETIVO GENERAL.....	44

OBJETIVOS PARTICULARES.....	44
HIPÓTESIS	44
JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO	45
.....	42
2.1 Metodología de la investigación	48
2.2 Evaluación para la Capacidad de Retención de Agua (CRA)	53
2.3 Evaluación de la resistencia a la deformación	54
2.4 Evaluación para los parámetros de perfil de color	54
CAPÍTULO 3 ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	55
3.1 Capacidad Emulsionante (CE)	56
3.2 Tamaño de glóbulos de grasa	56
3.3 Rendimientos	59
3.4 Capacidad de Retención de Agua (CRA)	60
3.5 Resistencia a la deformación	62
3.6 Parámetros de perfil de color	64
CONCLUSIONES.....	70
BIBLIOGRAFÍA.....	72

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Composición química de la carne.....	15
Cuadro 2. Composición química según especie	16
Cuadro 3. Distribución de las proteínas en el tejido muscular	17
Cuadro 4. Formulación para la elaboración de salchicha tipo Viena.....	48

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Molécula de miosina.....	18
Figura 2. Estructura de la actina.....	19
Figura 3. Complejo actinmiosina	21
Figura 4. Estructura de la mioglobina.....	22

Figura 5. Reacción del color de la carne	23
Figura 6. Estructura del músculo	24
Figura 7. Influencia de la adición de cloruro sódico en la CRA y dependencia con el pH.....	28
Figura 8. Emulsión cárnica.....	36
Figura 9. Esquema de los procesos de floculación, coalescencia y separación de fases de una emulsión	38
Figura 10. Proceso de obtención del concentrado proteico	40
Figura 11. Consumo de embutidos en México en el año 2014.....	45
Figura 12. Diagrama de proceso de la salchicha tipo Viena	49
<i>Figura 13.</i> Acondicionamiento de la materia prima cárnica	50
Figura 15. Molienda en el Cutter para la elaboración de la pasta	51
Figura 16. Salchichas embutidas y envasadas	52
Figura 17. Cocción de las salchichas y medición de la temperatura en el centro térmico de la salchicha	52
Figura 18. Choque térmico por inmersión en agua a 8°C	52
Figura 19. Centrífuga Centurion Scientific mod. K2015R.....	53
Figura 20. Penetrómetro Fruit Pressure Tester modelo FT 327	54
Figura 21. Espectrofotómetro de reflectancia Konica Minolta CM600d.....	54
Figura 22. Glóbulos de grasa de la salchicha tipo Viena control	57
Figura 23. Glóbulos de grasa de la salchicha tipo Viena con CPS 0.5%	57
Figura 24. Glóbulos de grasa de la salchicha tipo Viena con CPS 1. 0%	58
Figura 25. Glóbulos de grasa de la salchicha tipo Viena con CPS 1.5%	58
Figura 26. Porcentaje de los rendimientos de los diferentes lotes	59
Figura 27. Gráfica de caja de la CRA de los diferentes lotes de la salchicha tipo Viena	61
Figura 28. Gráfica de la relación de la CRA con el pH de cada una de las concentraciones de CPS	62
Figura 29. Gráfica de caja de la resistencia a la deformación de los diferentes lotes de la salchicha tipo Viena.....	64

Figura 31. Gráfica de caja de a^* de los diferentes lotes de la salchicha tipo Viena 66

Figura 32. Gráfica de caja de b^* de los diferentes lotes de la salchicha tipo Viena 67

Figura 33. Gráfica de caja de ΔE^* de los diferentes lotes de la salchicha tipo Viena 68

ABREVIATURAS

°C: grados Celsius

μ: media

μm: micrómetros

a*: coordenada a* [va de rojo (+) a verde (-)]

Å: Angström

ADP: Adenosín difosfato

AMSA: Asociación Americana de la Ciencia de la Carne (por sus siglas en inglés American Meat Science Association)

ANOVA: Análisis de varianza

ATP: Adenosín trifosfato

b*: coordenada b* [va de amarillo (+) a azul (-)]

CE: Capacidad de emulsión

CH: Capacidad hidratación

cm: centímetros

CPS: Concentrado proteico de soya

CRA: Capacidad de retención de agua

CrP: Creatina fosfato

DFD: oscura, firme y seca (por sus siglas en inglés dark, firm and dry)

FAO: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (por sus siglas en inglés Food and Agriculture Organization of the United Nations)

g: gramos

h: hora

H₀: Hipótesis nula

H₁: Hipótesis alternativa

kDa: kilodaltones

L*: luminosidad [va de 0 (negro) a 100 (blanco)]

M: Molaridad

min: minutos

mL: mililitros

mm: milímetros

NaCl: cloruro de sodio

nm: nanómetros

NMX: NORMA mexicana

NO: óxido nítrico

NO₂: nitrito

NOM: NORMA Oficial mexicana

P: valor de probabilidad, por lo que oscila entre 0 y 1

PS: Proteína de soya

PSE: pálida, suave y exudativa (por sus siglas en inglés pale, soft and exudative)

rpm: revoluciones por minuto

T: temperatura

t: tiempo

v: velocidad

ΔE*: diferencia colorimétrica total

RESUMEN

Uno de los desafíos en la industria cárnica es el proceso de elaboración de emulsiones cárnicas estables, durante la cocción. En la actualidad es común el uso de ingredientes funcionales tales como las proteínas no cárnicas, para mejorar las propiedades tecnológicas de estos productos. El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de la adición de concentrado proteico de soya (CPS) en una emulsión cárnica (salchicha tipo Viena) para estimar la influencia que tiene éste en la calidad final del producto. Para la evaluación de la estabilidad de la emulsión se desarrollaron 4 lotes, un lote control sin la adición de CPS y 3 lotes con tres niveles diferentes de CPS (0.5, 1.0 y 1.5%). Se evaluó la estabilidad de todos los lotes después del proceso de elaboración mediante la capacidad de retención de agua (CRA) con centrifugación controlada, la resistencia a la deformación con pruebas mecánicas y los parámetros de perfil de color con pruebas de espectrofotometría de reflectancia. El análisis estadístico se realizó mediante el software Minitab 16.0.

Los resultados más sobresalientes de este trabajo indican que la adición de CPS para mejorar la estabilidad del sistema logró una disminución en el tamaño de los glóbulos de grasa en un 25-40% al adicionar 0.5% y 1.0% de CPS con resultados significativo ($P < 0.05$) respecto del lote control. Los rendimientos que se obtuvieron fueron mayores del 50% en todos los lotes, observándose un aumento significativo ($P < 0.05$) cuando se le añadió 1.0% y 1.5% de CPS respecto del lote control. En cuanto a la CRA, los resultados obtenidos indicaron un aumento significativo ($P < 0.5$) de los lotes adicionados con CPS respecto del control. Se observó en la resistencia a la deformación un aumento proporcional, al aumentar la concentración de CPS, existiendo una diferencia significativa entre los lotes ($P < 0.5$) respecto del control.

La adición de CPS a la formulación de salchicha tipo Viena en las tres diferentes concentraciones (0.5, 1.0 y 1.5%) en el sistema cárnico, mejoró el desarrollo de su funcionalidad, con una correlación positiva, ya que al aumentar la adición de CPS, aumentó la CRA y la resistencia a la deformación. En cuanto al tamaño de glóbulo, al aumentar la cantidad de CPS adicionada al sistema cárnico, el tamaño de glóbulo de grasa disminuyó, con los mejores resultados en los lotes con 1.0 y 1.5% de CPS, correspondientes a los de las pastas finas estables. El lote que reunió los mejores resultados, tanto de estabilidad, funcionalidad, rendimiento y tamaño de partícula, fue el adicionado con 1.0%.

En los parámetros de perfil de color, los resultados de L^* aumentaron conforme se aumentó la concentración de CPS, con una diferencia significativa ($P < 0.5$) de los lotes con 0.5 y 1.0% de CPS, respecto del lote control. Los valores obtenidos para la coordenada a^* demostraron una diferencia significativa ($P < 0.5$) entre el lote control y los lotes adicionados con 0.5% y 1.0% de CPS. Los resultados de la coordenada b^* no demostraron diferencia significativa ($P > 0.5$) entre los lotes.

INTRODUCCIÓN

La carne es la parte muscular comestible de los animales de abasto (bovino, porcino y ovino, entre otros) sacrificados. Su calidad depende de factores como edad, raza, sexo, así como el sistema de producción, el tipo de sacrificio, procesamiento y comercialización, entre otros. El proceso de obtención de carne se inicia con el traslado de los animales a la planta de sacrificio; este manejo *ante – mortem* provoca un estado de estrés y es necesario aplicar los principios de bienestar animal para obtener una carne de mayor calidad. El sacrificio desencadena múltiples cambios bioquímicos que llevan a la transformación del tejido muscular a carne. Con un rápido descenso del pH (< 5.4) se obtendrá una carne pálida, suave, exudativa (PSE por sus siglas en inglés *pale, soft and exudative*), con la pérdida de funcionalidad de la carne y la obtención de productos cárnicos defectuosos. Por otra parte, valores de pH > 6.2 son indicativos de carne oscura, firme y seca (DFD por sus siglas en inglés *dark, firm and dry*), con reducida capacidad de retención de agua (CRA), capacidad emulsificante (CE) y defectos en los productos cárnicos elaborados con ella.

Las características de color, jugosidad y textura, además de otras propiedades como la CRA y CE, dependen en gran medida del pH de la carne, por lo que estas variables se consideran los principales indicadores de la calidad de la carne refrigerada, así como su capacidad tecnológica para la elaboración de productos cárnicos (Lawrie y Ledward, 2013).

De este modo una de las prioridades en la industria de alimentos es incidir en la elaboración de productos cárnicos más estables y con mejores características organolépticas para el consumidor, aumentar rendimientos de producción y disminuir el costo de estos, es por eso que se han dado a la tarea de ampliar la investigación en tomo a la adición de ingredientes funcionales para estabilizar los sistemas cárnicos y aumentar la calidad del producto final, entre los más utilizados en la industria cárnica por su alto contenido proteico, se encuentran los cereales como el trigo, así como leguminosas (frijol, soya, garbanzo, lenteja entre otros) (Lawrie y Ledward, 2013).

La proteína de soya se ha utilizado en algunos países en desarrollo, en diversos productos alimenticios insertos en programas de alimentación; el propósito ha sido mejorar el estado de nutrición de la población debido a su elevado valor nutricional y su costo relativamente bajo, de este modo en 1970, México fue uno de los primeros países latinoamericanos que desarrolló diferentes productos con soya y donde se ha utilizado la proteína de soya (PS) en un porcentaje de 20 a 30% para enriquecer o sustituir a las proteínas de origen animal de varios productos cárnicos procesados y hacerlos de esta manera más económicos (Torres y Tovar, 2009). El mercado de CPS en México en el año 2007 ha reportado 3.5 millones de toneladas métricas, de las cuales se consumieron 27,3000 toneladas métricas. (www.aces.uiuc.edu/asamex/proteina.html).

El concentrado de proteína se elabora mediante la extracción en fase alcohol-agua o por lixiviación en medio ácido de la harina desgrasada. El proceso remueve los carbohidratos solubles y el producto resultante contiene alrededor de 70% de proteína (Luna, 2006), su uso como ingrediente funcional se debe a sus propiedades fisicoquímicas como son la solubilidad, capacidad emulsionante, estabilizante, capacidad de retención de agua y textura.

El concentrado proteico de soya (CPS) está constituido por proteínas muy hidrofóbicas (lipofílica), que requieren de un volumen elevado de agua para que la proteína se hidrate completamente y, una vez hidratada, se asocia a la grasa fácilmente de modo que la unión proteína-grasa llega a ser tan fuerte que es muy difícil su disociación o separación (Hoogenkamp, 2005).

Es por ello que uno de los propósitos del presente trabajo es utilizar estas propiedades de los CPS para mejorar la estabilidad en un sistema cárnico emulsificado (salchicha tipo Viena), para lo cual se analizarán propiedades como la CE de la carne (ternera y cerdo), tamaño del glóbulo de grasa de la pasta cárnica, la CRA, los parámetros de perfil de color, resistencia a la deformación y rendimientos.

CAPÍTULO 1

ANTECEDENTES

1. Carne

La carne se define como la estructura muscular estriada esquelética, acompañada o no de tejido conectivo, hueso y grasa además de fibras nerviosas, vasos linfáticos y sanguíneos; proveniente de los animales para abasto, que no ha sido sometida a ningún proceso que modifique de modo irreversible sus características sensoriales y fisicoquímicas; se incluyen las refrigeradas o congeladas (NOM-194-SSA1-2004).

La calidad de la carne se define generalmente en función de su calidad composicional (coeficiente magro-graso) y se clasifica en tres clases, primera: medias canales de animales magros, de segunda: medias canales de animales semi grasos y de tercera: medias canales de animales grasos. Además la calidad depende de factores de palatabilidad tales como su aspecto, olor, firmeza, jugosidad, ternura y sabor (FAO, 2007).

De acuerdo con la NMX-FF-078-SCFI-2002, la clasificación de canales de bovino se realiza después de haber sido sometidas a un estudio técnico con base en los parámetros especificados en esta norma, tales como, criterios de marmoleo, textura y/o firmeza, grado de osificación y color de la carne y de la grasa. Además se establece que la calidad de la carne se refiere a los atributos o características deseables para el consumo humano.

1.1 Conversión de músculo en carne

La conversión de músculo en carne se lleva a cabo a nivel del tejido muscular esquelético, en donde ocurren una serie de procesos bioquímicos que son los encargados de otorgarle a la carne sus características finales.

Este proceso de la conversión del músculo en carne evoluciona a través de tres etapas, cuya duración resulta variable según las circunstancias bajo las que se realice.

Una vez sacrificado el animal, la etapa inicial comienza con la interrupción de la circulación de la sangre causada por el sangrado, por lo que no pueden obtener energía en la respiración, ya que la actividad mitocondrial cesa el descenso del oxígeno interno. Como consecuencia, el glucógeno, la principal reserva de energía del músculo, se convierte en ácido láctico en la glucólisis anaerobia; el cual se acumula irremediablemente en el músculo (debido a que no hay sangre que lo esté retirando), produciendo un notorio descenso del pH muscular. Este descenso del pH prosigue hasta llegar a valores cercanos a 5.4 (punto isoeléctrico de las proteínas) en donde se produce una inhibición de la actividad de las enzimas glucolíticas o hasta el agotamiento de las reservas de glucógeno.

La fase de rigor comienza cuando la enzima creatina fosfato (CrP), que sirve como una reserva de fosfato de alta energía y de rápido acceso, está casi agotada, la concentración de ATP comienza a disminuir de forma precipitada. La disminución del ATP reduce la capacidad de la proteína que bombea calcio (Ca^{2+}) para mantener la concentración sarcoplásmica en el músculo relajado. De igual forma, hay un incremento gradual en el número de enlaces cruzados entre la miosina y la actina, que quedan bloqueados debido a la ausencia de ATP para disociar esas dos proteínas. Esto conduce finalmente al máximo endurecimiento o inextensibilidad del músculo debido a su contracción sostenida.

La fase final de la conversión del músculo en carne se denomina maduración o resolución del rigor. Este período puede durar desde unas pocas horas, en aves, unos días en porcino y ovino, hasta 2 semanas en vacuno. Durante la fase de resolución hay un incremento gradual en la extensibilidad del músculo y en la ternura. La base de estos cambios favorables es fundamentalmente el resultado de la ruptura hidrolítica de la estructura de la miofibrilla.

Estos procesos bioquímicos que se llevan a cabo durante la conversión del músculo en carne, influyen sobre su calidad así como en las propiedades y aptitud tecnológica de esta (Fennema, Parkin y Damodaran, 2006).

1.1.1 Calidad de la carne

Para elaborar productos cárnicos de calidad, debe utilizarse carne en las mejores condiciones, que sea útil y no sufra alteraciones durante los diferentes procesos a que se va a someter. Un factor importante al momento de elegir carne es el grado de suavidad. La terneza de la carne está relacionada tanto con la cantidad de glucógeno en el músculo, así como con el pH; esta se ve afectada por el mal manejo *post-mortem*; después del sacrificio donde existen modificaciones musculares que inciden sobre la capacidad de retención de agua de la carne. Se distinguen dos tipos de defectos en la carne oscura, firme y seca, (DFD por sus siglas en inglés *dark, firm and dry*) y pálida suave y exudativa (PSE por sus siglas en inglés *pale, soft and exudative*), las que de preferencia no deben utilizarse para elaborar productos cárnicos, ya que se corre el riesgo de que el producto no tenga las características esperadas.

Una consecuencia esporádica del estrés previo al sacrificio es el agotamiento *ante-mortem* de las reservas de glucógeno a causa de los factores estresantes, el ejercicio o el ayuno excesivo. Esas condiciones dan lugar a un producto que tiene las características opuestas a la carne PSE y que se denomina carne DFD. El color de la carne puede variar desde un ligero rojo oscuro a uno extremadamente oscuro o casi negro en contraste con el aspecto del color típico rojo cereza que tiene la carne roja normal (Guerrero y Arteaga, 1990).

La ausencia de una reserva adecuada de glucógeno tiene como consecuencia el cese temprano de la glucólisis, de tal forma que el pH final se mantiene relativamente alto (>6.0).

La carne DFD tiene una capacidad de retención de agua superior a la normal porque el pH está más alejado del punto isoeléctrico de la miosina (5.0).

El excepcional color oscuro de este producto es consecuencia del elevado pH *post-mortem* que mantiene las proteínas con una carga alta, por lo que la cercanía entre las miofibrillas del músculo es máxima y la dispersión de la luz se reduce. Todos los

tejidos musculares experimentan una reducción en el pH como consecuencia de la hidrólisis del ATP durante la conversión del músculo en carne.

La reducción del pH del músculo tiene lugar mientras que la temperatura de la canal es elevada. Por ejemplo, a los 45 minutos *post-mortem*, el pH del músculo porcino se encuentra normalmente en el intervalo de 6.5 a 6.7, mientras que la temperatura es aproximadamente igual a 37°C. En algunas canales, sin embargo, el pH puede disminuir por debajo de 6.0 en el mismo periodo de tiempo. Esta última combinación de un rápido descenso del pH mientras que la temperatura aún es elevada, tiene como consecuencia la desnaturalización de algunas proteínas contráctiles, con la consiguiente pérdida de capacidad de retención de agua, que conduce a obtener una carne PSE (Guerrero y Arteaga, 1990).

Este es un problema característico sobre todo en aves y cerdos, en general es consecuencia del estrés *ante-mortem* ocasionado por factores tales como el clima, el transporte, el ejercicio físico, la presencia de animales desconocidos y un mal manejo de los animales, que contribuyen de manera significativa al problema de la calidad de la carne (SSA, 1994).

1.2 Composición química de la carne

Como se muestra en el cuadro 1, la carne está constituida aproximadamente de 75% de agua, 20% de proteínas, las cuales se clasifican de acuerdo a su solubilidad en miofibrilares (11%) (miosina, actina, tropomiosina, troponina, proteínas M y actinina), sarcoplásmicas (5.5%) (mioglobina y hemoglobina, entre otras) y del tejido conectivo (2%) (colágeno, elastina y reticulina); 2.5% de lípidos y 3% de sustancias solubles, tales como hidratos de carbono, vitaminas y minerales (Hoogenkamp, 2005).

Cuadro 1. Composición química de la carne

Componente	%
Agua	75
Proteínas	19
Miofibrilares: solubles en sal <ul style="list-style-type: none"> • Miosina, actina, tropomiosina, troponina, proteínas M, actinina 	11
Sarcoplásmicas: solubles en agua <ul style="list-style-type: none"> • , mioglobina, globulina, albúmina y enzimas 	5.5
Tejido conectivo: insoluble <ul style="list-style-type: none"> • Colágeno, elastina, reticulina. 	2.0
Lípidos	2.5
Carbohidratos <ul style="list-style-type: none"> • Glucógeno, glucosa 	1.2
Otros: Vitaminas, minerales, nitrógeno.	2.3

Fuente: Hoogenkamp, 2005

La composición química de la carne varía según distintos factores, tales como, especie, raza, alimentación, edad, sexo y zona anatómica. La composición de la carne magra es relativamente constante en una amplia diversidad de animales (FAO, 2007).

Como se muestra en el cuadro 2 de acuerdo con la FAO, la carne de cerdo, ternera, pollo y pavo tienen un alto contenido de proteína, aproximadamente del 20 al 23 % y un contenido de lípidos del 0.8 al 6%.

Cuadro 2. Composición química según especie

Especie	Agua %	Proteína %	Lípidos %	Cenizas %
Cerdo	75.1	22.8	1.2	1.0
Ternera	76.4	21.3	0.8	1.2
Pollo	73.3	20.0	5.5	1.2
Pavo	74.7	20.5	3.6	1.2

Fuente: FAO, 2007

1.3 Proteínas de la carne

Las proteínas son moléculas complejas constituidas por cadenas de aminoácidos, unidos entre sí mediante enlaces amida, formando polímeros llamados polipéptidos.

Del total de la proteína de la carne, cerca del 50% son miofibrilares, que contienen 25% miosina y 12.5% actina, como se indica en el cuadro 3. Las restantes son proteínas miofibrilares, sarcoplásmicas y del tejido conectivo. Tecnológicamente hablando, las fracciones proteicas miofibrilares son las más importantes por su aptitud tecnológica para lograr la unión, emulsificación y gelificación de los sistemas cárnicos.

Las fracciones de proteínas sarcoplásmicas están en solución en el fluido intracelular, también llamado sarcoplasma. Estas proteínas son solubles a baja fuerza iónica. Su contribución funcional principal es proporcionar el color característico a la carne curada. Las proteínas sarcoplásmicas se desnaturalizan por calor y un bajo pH. En su estado nativo, estas son altamente solubles, a pesar de que tienen una baja viscosidad y resistencia de gel y contribuyen mínimamente a la capacidad de retención de agua, la textura y la emulsificación (Hoogenkamp, 2005).

Las proteínas del tejido conectivo son totalmente insolubles en agua y en soluciones salinas, siendo la más importante el colágeno.

Cuadro 3. Distribución de las proteínas en el tejido muscular

Tipo de proteína	%
Miofibrilares	
Miosina	25
Actina	12.5
Tropomiosina	4
Troponina	4
Actinina	1.5
Otras*	3
Total	50
Sarcoplásmicas o solubles	
Enzimas	30
Mioglobina	3
Otras	2
Total	35
Del tejido conectivo	
Colágeno	7.5
Elastina	0.5
Otras	7
Total	15
*Tropomiosina, conectina, actinina, desmina, etc.	

Fuente: Badui, 2006

1.3.1 Miofibrilares

Son las que conforman estructuralmente el tejido muscular y además, las que transforman la energía química en mecánica durante la contracción y relajación de los distintos músculos. Es la fracción más abundante, ya que equivale al 50% del total de proteínas de la carne. Son solubles en soluciones salinas y sus principales componentes son la miosina, la actina, la troponina y la actinina.

a) Miosina

La miosina representa un porcentaje alto de las proteínas miofibrilares, tiene una estructura helicoidal con 55% de α -hélice, integrada por dos cadenas fibrosas rígidas semejantes enrolladas entre sí, que terminan en una doble cabeza constituida a su vez por cuatro cadenas polipeptídicas como se muestra en la figura 1. La molécula en su conjunto mide 1600 Å de longitud, 20 Å de diámetro, y tienen una cabeza de 50 Å; su peso molecular es de 480 kDa, es rica en lisina y en ácido glutámico. La cabeza tiene una actividad enzimática y posibilidad de interactuar con la actina para producir la actomiosina; hidroliza el ATP en ADP y fosfato inorgánico, con liberación de la energía necesaria para el trabajo mecánico del músculo, en una reacción que se activa por iones Ca^{2+} , pero que se inhibe por el magnesio (Mg^{2+}). Aproximadamente se unen 400 moléculas de miosina en un arreglo cabeza-cola para producir un filamento grueso que es el responsable directo de las contracciones musculares (figura 1) (Badui, 2006).

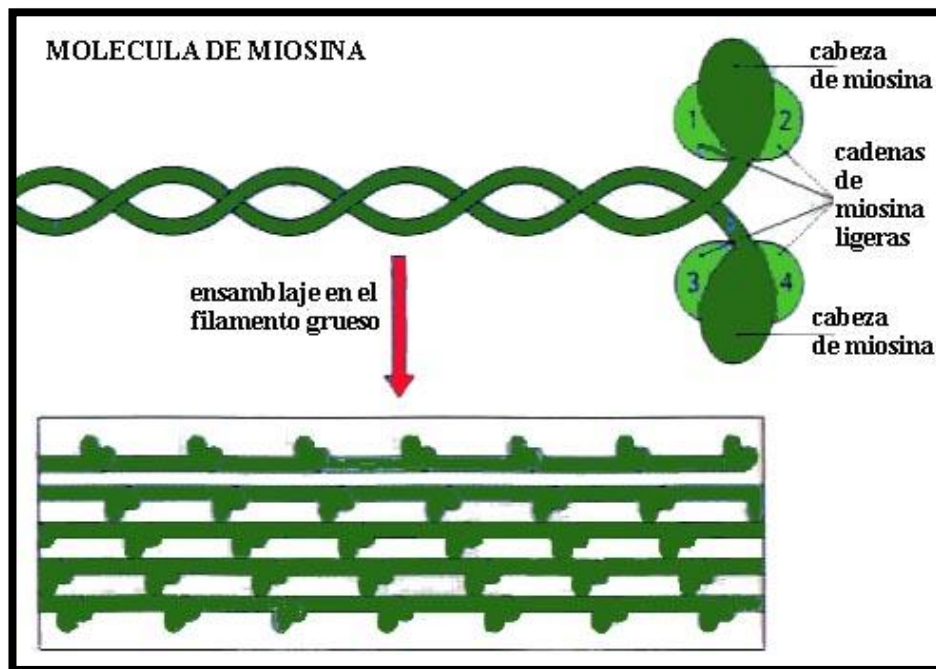


Figura 1. Molécula de miosina

Fuente: <http://ht.org.ar/histologia>

b) Actina

La actina (figura 2) es la segunda proteína miofibrilar de importancia que presenta dos fracciones: la G (actina globular) y la F (actina fibrosa); la primera tiene un peso molecular de 46 kDa y consta de 450 aminoácidos aproximadamente; es esférica con un diámetro de 55 Å, presenta 30% de conformación de α -hélice y contienen una molécula de ATP; la actina F se produce por la polimerización de la fracción G en presencia de Mg^{2+} y se combina con la miosina para formar la actomiosina (Badui, 2006).

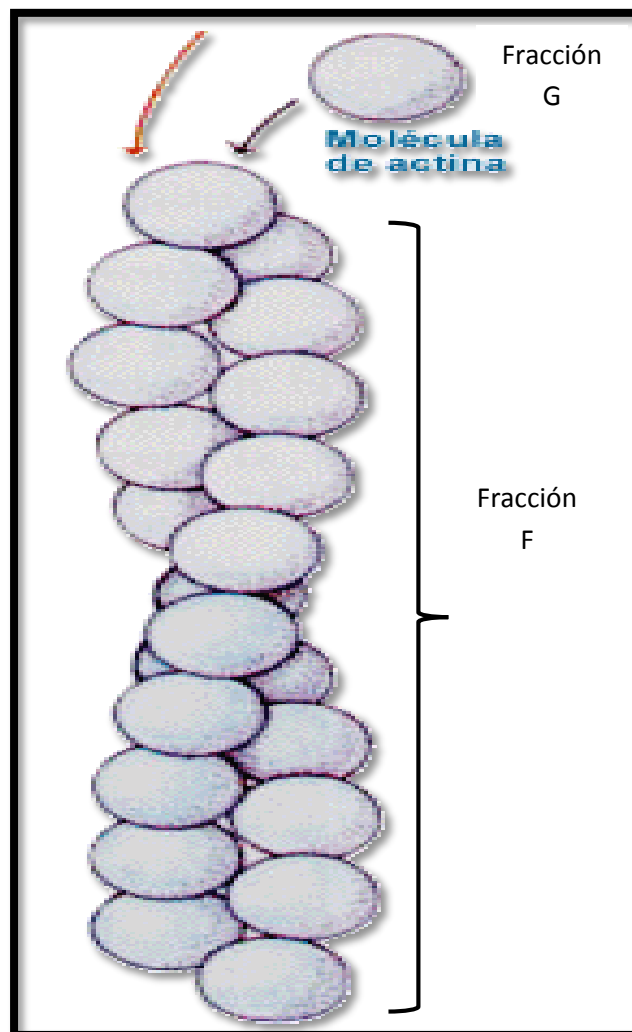


Figura 2. Estructura de la actina

Fuente: <http://www7.uc.cl/>

c) Complejo Actinmiosina

El complejo actomiosina está formado por la actina y la miosina. Se forma cuando ocurre la contracción muscular en el músculo vivo o en pre-rigor y cuando ocurre el *rigor mortis*. Cada filamento de actina-F puede enlazar numerosas moléculas de miosina. Este complejo se disocia en presencia de ATP y de iones magnesio (Mg^{2+}), tiene una mayor actividad enzimática para hidrolizar ATP, que se favorece por la presencia de Ca^{2+} y Mg^{2+} (Badui, 2006).

Como se muestra en la figura 3, el sarcómero que es la unidad básica estructural de la fibra muscular, es la región comprendida entre dos líneas Z adyacentes, y tienen una longitud aproximada en reposo de $2.5 \mu m$.

La banda A del sarcómero está formada por los llamados filamentos gruesos, constituidos completamente de miosina con una longitud de $1,5 \mu m$. Estos filamentos mantienen su ordenamiento transversal y longitudinal mediante gruesas bandas cruzadas, localizadas periódicamente a lo largo de su longitud, y especialmente por conexiones entre ellos que se alinean en el centro de la banda A son estas conexiones las que forman la línea M.

Los filamentos delgados, por otra parte, tienen alrededor de 6 a 8 nm de diámetro y se extienden aproximadamente $1,0 \mu m$ a cada lado de la línea Z. Estos filamentos constituyen la banda I del sarcómero y están constituidos fundamentalmente de actina.

La zona H es menos densa que el resto de la banda A porque es la región central de las terminaciones de los filamentos de la actina por lo tanto esta zona solo contiene filamentos de miosina. El ancho de la zona H varía con el estado de contracción del músculo.

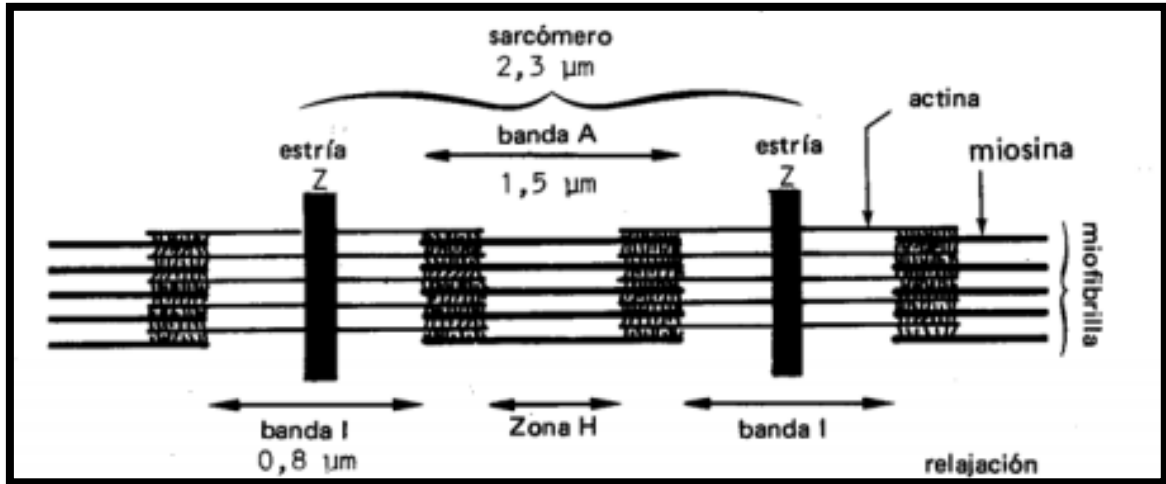


Figura 3. Complejo actinmiosina

Fuente: www.uaz.edu.mx

1.3.2 Sarcoplásmicas

Estas proteínas son fundamentalmente globulinas y albúminas pertenecientes a los sistemas que intervienen en el metabolismo celular, como el de la glucólisis, al igual que enzimas como las catepsinas, la creatina kinasa y la mioglobina. Este grupo de proteínas se caracteriza por ser buenos agentes emulsificantes y por retener una gran cantidad de agua, lo que evita pérdidas de humedad durante el proceso de cocción de los distintos productos cárnicos, tienen la capacidad de coagular y formar geles cuya textura es muy deseable en diversos alimentos (Baduí, 2006).

a) Mioglobina y Hemoglobina

La mioglobina y la hemoglobina son los compuestos que le proporcionan el color rojo a la carne. La mioglobina se encuentra en las células musculares y la hemoglobina es el pigmento de la sangre. La mioglobina es la principal responsable del color rojo de la carne, y por lo general el contenido total de pigmentos de ésta se compone de aproximadamente un 95 % de mioglobina y 5% de hemoglobina.

Ambas hemoproteínas, mioglobina y hemoglobina, son responsables del transporte y almacenamiento del oxígeno en el organismo del animal y se diferencian poco en su estructura química. El oxígeno de los pulmones es transportado por la hemoglobina y es captado por la mioglobina para su posterior utilización en el metabolismo aeróbico. La capacidad que tiene el músculo de almacenar el oxígeno depende del contenido de mioglobina.

La mioglobina que tiene un peso molecular de 17 kDa, está constituida por una cadena de 153 residuos aminoacídicos que contiene un grupo hemo, responsable del color rojo, y un átomo de hierro como se muestra en la figura 4 (Carballo, López y Madrid, 2001).

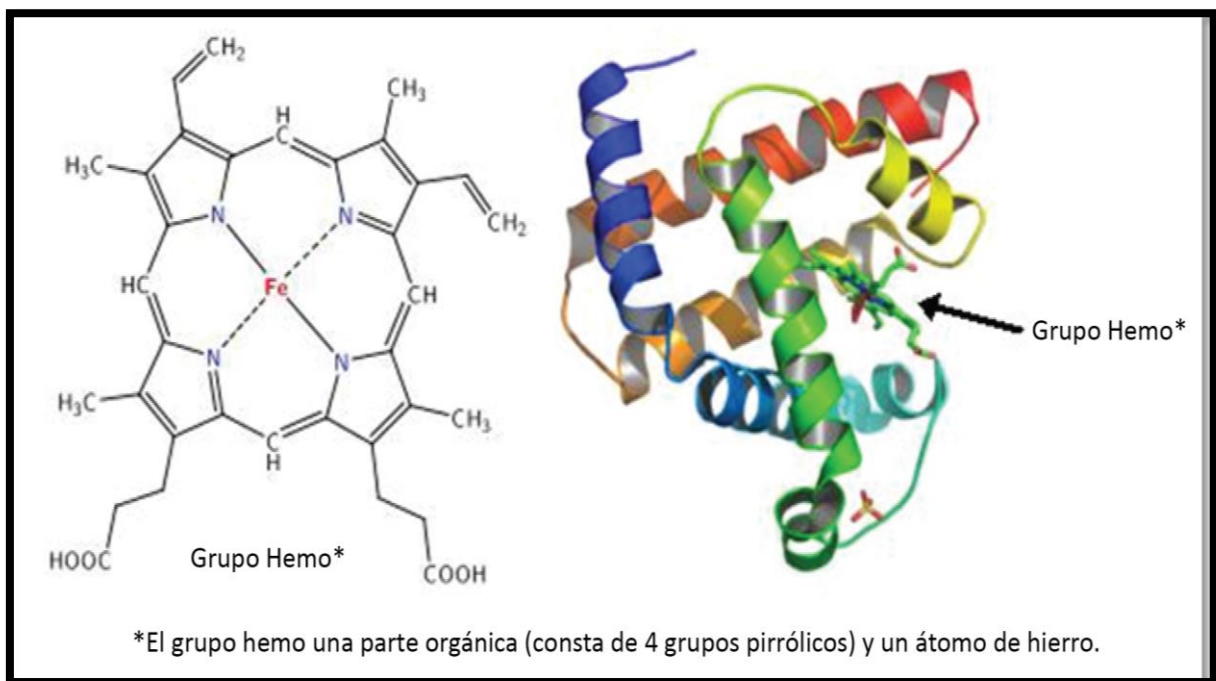


Figura 4. Estructura de la mioglobina

Fuente: <http://cnho.files.wordpress.com/2010/06/grupo-hemo-y-mioglobina.jpg>

El color de la carne depende fundamentalmente del estado en el que se encuentra la mioglobina.

Cuando se combina la mioglobina y el oxígeno, es decir, cuando esta se oxigena, se produce la oximioglobina, responsable del color rojo brillante de la carne.

Cuando la mioglobina se oxida, o el oxígeno oxida el ión ferroso, se convierte en metamioglobina y la carne toma un color pardo característico de la carne almacenada por mucho tiempo.

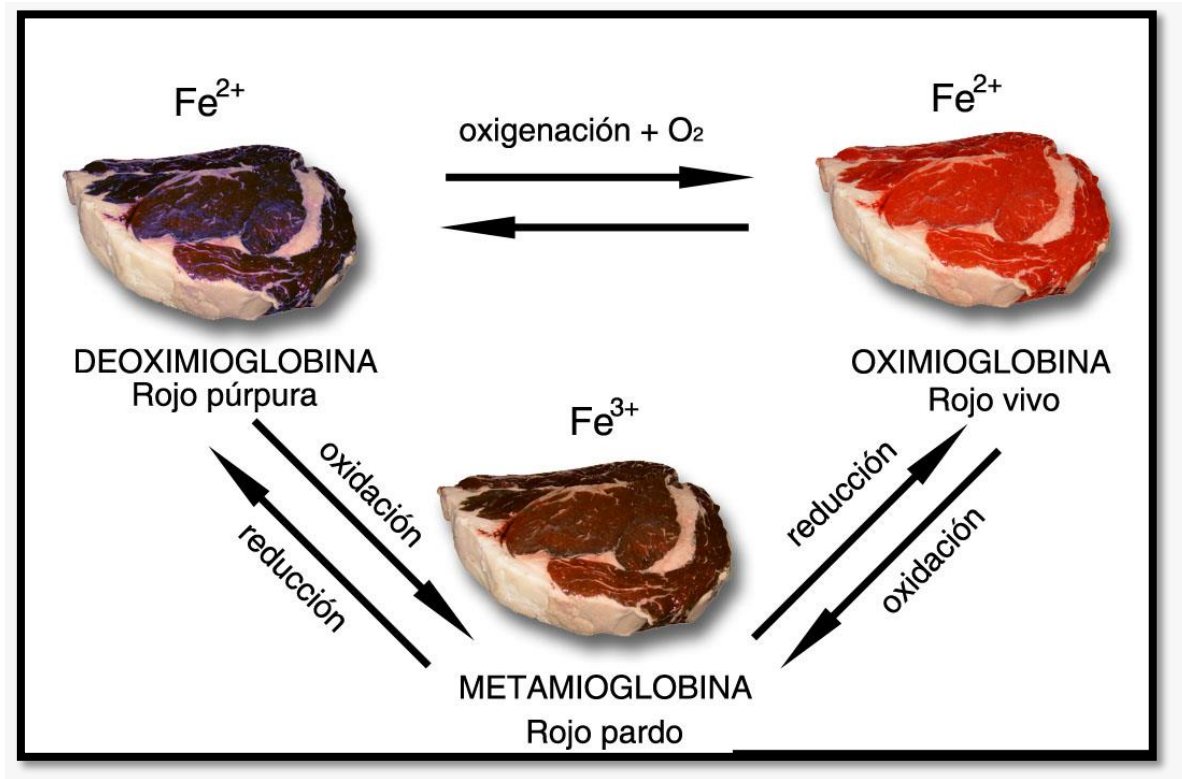


Figura 5. Reacción del color de la carne

Fuente: <http://1.bp.blogspot.com>

El color de la carne es afectado por diversos agentes como:

Temperatura: el color se degrada rápidamente produciendo metamioglobina al consumirse el oxígeno.

Edad del animal: disminuye la estabilidad del color al aumentar la edad y varía con el tipo de músculo.

Un factor importante que influye también en la coloración de la carne es el proceso de curado. Durante este proceso a la carne se le añaden sustancias como sales que le confieren a ésta un sabor y color agradables, además de que sirven como

conservadores. Las sustancias curantes son los nitritos, estos se añaden a la carne durante el curado, donde ocurren dos reacciones: los nitritos se reducen a óxido nítrico el hierro pasa al estado ferroso, a la combinación de la mioglobina y el óxido nítrico se le conoce como nitroso mioglobina que le da el color rojo del curado a la carne.

Cuando la nitroso mioglobina se somete a temperaturas de entre 50 y 60 °C esta se desnaturaliza y se convierte en un compuesto llamado nitroso hemocromo, responsable de la coloración rosada característica de las carnes curadas y cocidas (Fennema, Parkin y Damodaran, 2006).

1.3.3 Del tejido conectivo

Éste es un grupo muy abundante de polipéptidos; conforman el tejido conectivo fuerte de los tendones, la piel, el hueso y las capas más rígidas que envuelven y soportan los músculos, como el endomisio (capa de colágeno, elastina y reticulina que rodean a cada fibra), el perimisio (capa que rodea a cada haz de fibra) y el epimisio (capa exterior del colágeno que rodea a todo el músculo), como se muestra en la figura 6.

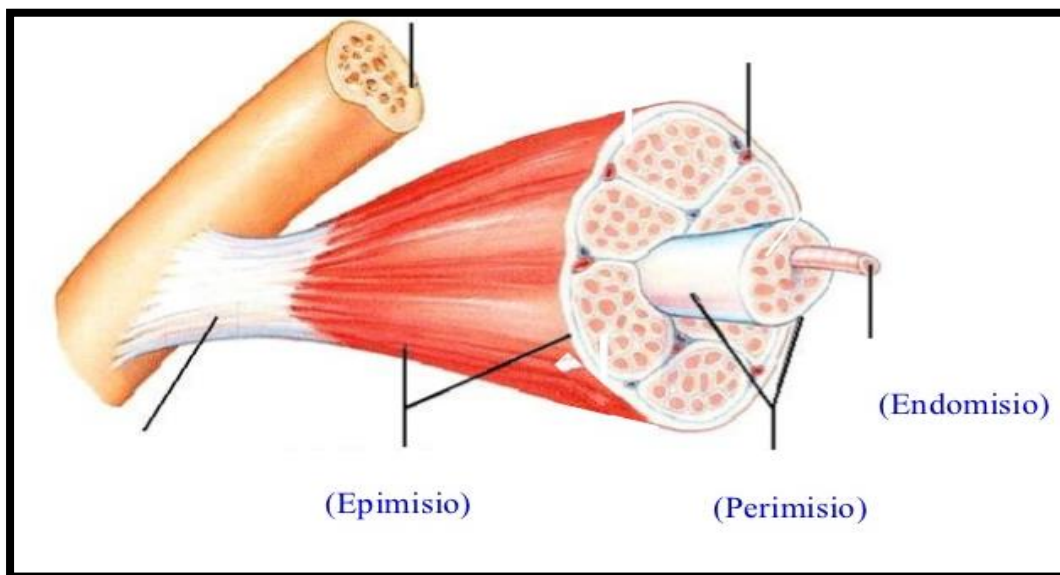


Figura 6. Estructura del músculo

Fuente: <http://image.slidesharecdn.com>

En conjunto, este grupo de compuestos representa aproximadamente 35% de las proteínas totales de un animal vivo, pero en cuanto al tejido muscular (carne) solo equivale a 3% .

a) Colágeno

El colágeno que es la proteína más abundante en un vertebrado, está constituido por diversas fracciones; contienen 33% de glicina, 12% de prolina, 11% de alanina y 10% de hidroxiprolina, es deficiente en aminoácidos indispensables, principalmente lisina y triptofano. Su monómero, llamado tropocolágeno, es una molécula de forma cilíndrica de 2800 Å de largo y 15 Å de diámetro, integrada por tres cadenas polipeptídicas de peso molecular de 100 kDa cada una, que se enrollan a lo largo de un eje para producir una triple hélice; las tres proteínas se enlazan entre sí a través de muchas uniones intermoleculares cruzadas que le confieren gran rigidez a la estructura y solubilidad muy baja; a su vez, la interacción de las moléculas de tropocolágeno produce fibras que dan origen al colágeno propiamente dicho.

En cuanto a las propiedades funcionales, es la proteína de peores cualidades. No solo tiene baja capacidad de retención de agua, sino que además al calentarse se encoje dejando escapar el agua, y en cuanto a su capacidad de emulsión es nula (Fennema, Parkin y Damodaran, 2006).

1.3.4 Propiedades funcionales de la carne

Las propiedades funcionales de las proteínas de la carne desempeñan un papel importante en cuanto a la tecnología de alimentos, tanto en lo referente a los procesos de fabricación, como su incidencia en los atributos de calidad del producto final. Entre ellas se encuentran capacidad de hidratación (CH), capacidad de retención de agua (CRA), capacidad de emulsión de grasa (CE), de gelificación, de formación de espuma y de cohesión, entre otras. Las propiedades funcionales difieren según el origen de la proteína.

1.3.4.1 Capacidad de Retención de Agua: CRA

La CRA es la propiedad que da una proteína cárnica para retener el agua tanto propia como añadida, cuando se somete a un proceso de elaboración durante la aplicación de fuerzas externas, tales como el corte, el picado, calentamiento, trituración y prensado, además de almacenamiento. De ella dependen otras propiedades de la carne como son el color, la terniza, la jugosidad y la suavidad de la carne procesada (Carballo, López y Madrid, 2001).

La CRA depende de dos factores fundamentales: el tamaño de la zona H, que es el espacio libre donde se retiene el agua, y la existencia de moléculas que aporten cargas y permitan establecer enlaces dipolo-dipolo con moléculas de agua.

Existen diversos condicionantes que influyen en estos factores, que se describen a continuación:

a) pH

A pH 5, el punto isoeléctrico de la mayoría de las proteínas cárnicas, las cargas eléctricas netas son igual a cero y no hay, por tanto, atracción por las moléculas de agua (polares), ni repulsión entre las moléculas de proteínas entre sí.

A medida que aumenta el pH, por un lado, aumenta la carga y la atracción dipolo-dipolo, y por otro lado, hay repulsión entre las moléculas de proteínas cargadas de igual signo, aumentando el tamaño de la zona H. Igualmente se comporta al disminuir de pH.

b) Cambios *post-mortem*

Después del sacrificio, la CRA es muy grande, debido a que el pH es aproximadamente de 7, y a que no se ha formado el complejo de actomiosina. A medida que se instaura el *rigor mortis*, el glucógeno se transforma en ácido láctico (por glicólisis anaerobia), que condiciona que baje el pH hasta el punto isoeléctrico de las proteínas, lo que implica que la CRA sea mínima. Al cesar el aporte de ATP se forma el complejo de actomiosina, disminuyendo el espacio

libre. Con el tiempo hay una degradación de proteínas miofibrilares que elevan el pH.

c) Adición de sales (cloruro de sodio (NaCl) y fosfatos)

La CRA en una carne a la que se le ha añadido cloruro sódico depende del pH.

Si el pH > 5 la CRA mejora notablemente y si el pH < 5 la CRA disminuye al añadir el cloruro sódico. Como se observa en la figura 7 el ión Cl⁻ es mucho más activo que el Na⁺ y capaz de neutralizar las cargas positivas del músculo a pH < 5. A pH > 5 el músculo está cargado negativamente, por lo que el ión Cl⁻ resulta inactivo (Carballo, López y Madrid, 2001).

Los fosfatos también mejoran la CRA cuando el pH es mayor que el punto isoeléctrico. Se puede explicar porque el fosfato eleva el pH ya que este actúa de forma similar al ATP, evitando la formación del complejo actomiosina.

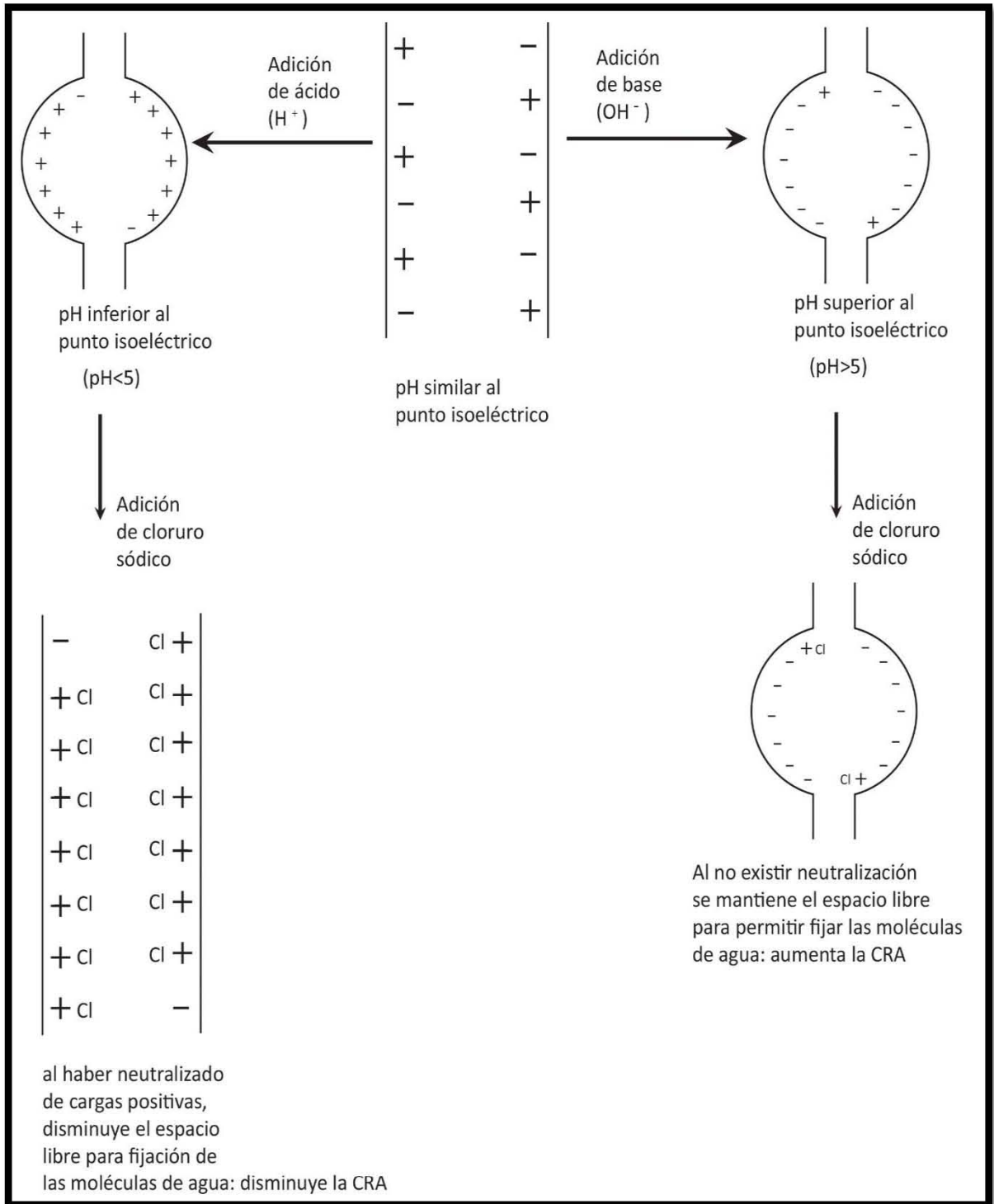


Figura 7. Influencia de la adición de cloruro sódico en la CRA y dependencia con el pH

Fuente: (Carballo, López y Madrid, 2001)

1.3.4.2 Capacidad de emulsión: CE

La CE es el parámetro que define la emulsión y consiste en la cantidad de aceite medida en mL que es capaz de emulsionar 1 g de proteína sin que se rompa o invierta la emulsión.

Esta característica es importante para evaluar la aptitud tecnológica de la carne destinada a la elaboración de productos de pasta fina como salchichas. Los productos cárnicos de pasta fina se consideran sistemas tipo emulsión; están formados por dos fases, una matriz compleja formada por una solución salina que extrae proteínas miofibrilares que a su vez actúan como agentes emulgentes y la fase dispersa está formada por finas partículas de grasa. La CE disminuye en el punto isoeléctrico (pH= 5.5) de las proteínas miofibrilares y aumenta a valores de pH cercanos a la neutralidad (Huff y Lonergan, 2005).

1.3.4.3 Capacidad de gelificación

Un gel es un sistema semi-sólido, que se forma por la unión de cadenas polipépticas que forman una red tridimensional que retiene y atrapa el agua (Fennema, Parkin y Damodaran, 2006).

El gel se forma en dos etapas:

- 1) Hay una desorganización de las cadenas polipépticas.
- 2) Ordenación de las cadenas y formación de red mediante puentes de hidrógeno y enlaces disulfuro. De estos enlaces dependen propiedades del gel tales como viscosidad, elasticidad, etc.

Los geles pueden ser:

- Reversibles: que al calentarse se transforman en solución y al enfriarse se gelifican.
- Irreversibles: al calentarse continúan como geles. Ejemplo de estos últimos son los geles cárnicos.

1.4 Clasificación de los productos cárnicos

La NOM-213-SSA1-2002 clasifica a los productos cárnicos de acuerdo a las materias primas utilizadas y al tipo de proceso al que se someten para su elaboración.

1.4.1 Productos curados y cocidos

De acuerdo a la NOM-213-SSA1-2010 la salchicha tipo Viena se clasifica dentro de los productos cárnicos cocidos y curados, los cuales se definen a continuación:

El producto cárnico cocido es el elaborado con carne, vísceras, sangre o sus mezclas, curados o no, que son sometidos a proceso térmico. El objetivo del calentamiento es:

- Fijar la proteína por coagulación y así estabilizar la emulsión.
- Permitir la conversión de la mioglobina en presencia de óxido nítrico (NO) a nitrosilmiohemocromógeno.
- Pasteurizar parcialmente el producto destruyendo los microorganismos.

Este último caso, la temperatura alcanzada destruirá la mayoría de los microorganismos excepto las esporas bacterianas y fúngicas. En la fabricación de embutidos se realiza el tratamiento preferiblemente a temperaturas internas de 72°C. Esta temperatura logra la inactivación de un gran número de microorganismos en el producto (Oña, Serrano y Ortíz, 2013).

Por su parte el producto cárnico curado es al que se agrega por vía húmeda o seca, sal o azúcares, nitratos o nitritos, independientemente de que sean sometidos a algún tratamiento térmico, a maduración o se manejen crudos. El curado tiene como finalidad alargar la vida útil y obtener un color y flavor deseables.

1.4.2 Salchicha tipo Viena

La salchicha tipo Viena de acuerdo a la NMX-F-065-1984, es un producto alimenticio embutido de pasta semi firme de color característico, elaborado con 60% de carne de res y cerdo; mezclado con grasa de cerdo y emulsificados, sometidos a curación, pudiendo ser ahumados o no, sometidos a cocción y enfriamiento, empacados en material adecuado para su distribución y conservación en refrigeración.

El curado y preparación de la carne de la carne se efectúa con una mezcla de cloruro de sodio, nitrito y nitrato de sodio, fosfato de sodio, condimentos, saborizantes y conservadores, enfriando la carne antes de curarla, de 0 a 7°C.

El cocimiento se efectúa en condiciones de tiempo y temperatura, dependiendo del tamaño del diámetro y forma de las salchichas, de tal manera que se logre un cocimiento completo de los productos, siendo la temperatura interna mínima de 70°C.

1.4.3 Funcionalidad de los ingredientes

La selección de los ingredientes cárnicos para la fabricación de la salchicha tipo Viena es importante. Las carnes magras obtenidas principalmente de vacuno y de cerdo son las que se utilizan para su fabricación de esta ya que son consideradas carnes con altas propiedades de ligazón (Carballo y López, 1991).

Agua o hielo

El agua es uno de los componentes más importantes de los embutidos, ya que esta influye directamente en sus propiedades físico-químicas y mecánico-estructurales.

Esto se ve reflejado en la consistencia de la mezcla, la cual disminuye al agregarle agua reduciendo además la influencia negativa de las grasas en las propiedades mecánico-estructurales de los productos. Además al agregar agua al comienzo de la mezcla en la Cutter, se genera el aumento del coeficiente de elasticidad de la

mezcla para embutidos, lo que influye positivamente en todo su proceso de aglutinación. “La influencia del agua en la capacidad de retención de agua de los productos depende de su secuencia de adición a la materia prima: al agregarla antes de los fosfatos y de la sal, la capacidad de retención de agua de los productos aumenta.

Otra función del agua es que sirve como disolvente que forma la salmuera, necesaria para extraer las proteínas solubles en disoluciones salinas. Si no hay suficiente agua en una emulsión, se limita la capacidad emulsificante potencial de la carne (Carballo y López, 1991).

El agua influye en la palatabilidad disminuyendo la dureza y la jugosidad del producto final.

Proteína

Las carnes magras contribuyen en gran medida a la estabilidad de la emulsión y a las propiedades físicas del producto final. Durante la formación de la emulsión, las proteínas desempeñan dos funciones, una es encapsular o emulsionar la grasa y la otra es unir el agua.

Si alguna de estas funciones no se lleva a cabo de manera adecuada, el embutido será inestable y susceptible a la separación de las fases durante la cocción (Carballo y López, 1991).

Lípidos o grasa

Los lípidos contribuyen en gran medida a la palatabilidad de los embutidos, también influyen en la dureza y jugosidad de los embutidos cocidos.

La grasa se añade a las emulsiones en forma de recortes grasos de vacuno o cerdo. Como la grasa de cerdo es más blanda y funde a temperaturas más bajas que la de vacuno, son más fáciles de picar. Durante el picado, la grasa de vacuno requiere una temperatura más alta que la grasa de cerdo (Carballo y López, 1991; Secofi, 2000).

La grasa se utiliza en los embutidos de un 15 a 20% del peso final. Es muy importante en las emulsiones cárnicas, ya que la grasa se mezclará con la carne para formar una pasta homogénea, característica básica de las salchichas y de otros embutidos emulsificados. La grasa tiene diferentes funciones en los embutidos como aportar ácidos grasos esenciales, ser una fuente de energía y proporcionar sabores agradables al alimento (Guerrero y Arteaga, 1990).

Ingredientes no cárnicos

De los aditivos permitidos en la NOM-213-SSA1-2002, se describen a continuación los empleados en la salchicha tipo Viena.

Sal

El cloruro de sodio (NaCl) es el tipo de sal que se emplea normalmente en los embutidos. Las principales funciones de la sal, además de potenciar el sabor, son solubilizar las proteínas miofibrilares y aumentar la presión osmótica, inhibiendo de esa forma el crecimiento de microorganismos.

La capacidad de la sal para solubilizar las proteínas miofibrilares es de importancia capital si se desea elaborar un embutido con éxito. Estas proteínas solubilizadas sirven como envoltura a las partículas de grasa y unen agua, dando lugar a una emulsión estable. Es el cloruro y no el sodio el principal ion responsable en el efecto de unión de grasa y agua. El contenido de sal más efectivo en crear dicho efecto es de 4 a 4.5% en la formulación (Fennema, Parkin y Damodaran, 2006).

Polifosfatos

Se pueden usar diversos fosfatos en la fabricación de embutidos cocidos. Los más comunes son el tripolifosfato sódico, el pirofosfato tetrasódico, entre otros, solos o asociados. Las funciones en los embutidos son: reducir la humedad durante la cocción, mejorar el sabor, aumentar la disolución de las proteínas cárnicas, inhibir la rancidez oxidativa, secuestrando cationes multivalentes, estabilizar el color, reducir la viscosidad y ayudar a estabilizar la emulsión entre la grasa y la proteína en los productos cárnicos (Price y Schweigert, 1994).

Agentes curantes

El agente de curado es el nitrito (NO_2) que tiene diversas funciones como estabilizar el color rosado de la carne magra, contribuye al color característico de la carne curada, inhibe el crecimiento de microorganismos patógenos y (en especial *Clostridium botulinum*) alterantes y retrasa el desarrollo de rancidez oxidativa (A.A.P.P., 2004).

Fécula de maíz o Almidón de maíz

Los almidones son empleados principalmente para modificar o generar viscosidad a través de su capacidad de ligazón como agentes texturizantes, en el aspecto sensorial (sabor, textura, jugosidad, color), además de mejorar el rendimiento (Secofi, 2000).

El almidón es un aditivo muy importante en la elaboración de embutidos debido a que les transmite la consistencia exigida. Dicha consistencia está unida con el proceso de formación de la masa homogénea, acompañado por la absorción de humedad del almidón. Al elaborar las mezclas para embutidos, el almidón se agrega en seco (en polvo) o en suspensión.

Condimento

El condimento es un término que se aplica a todo ingrediente que, bien por sí mismo o en combinación, su función es realzar el sabor del embutido (NMX-FF-072-1990).

Proteína de soya

Según Hleap (2003), de los aditivos vegetales uno de los más efectivos es el extracto de soya, gracias al alto valor nutritivo de su proteína, fuente de casi todos los aminoácidos esenciales. En la proteína de soya la relación de aminoácidos esenciales es cercana a la óptima. "Un aditivo como el concentrado proteico de soya, condicionan el aumento de la capacidad de retención de la humedad de la carne molida y entre mayor sea la dosis de adición y menor el tiempo de conservación es más efectivo".

El mismo autor subraya que la soya influye tanto en el sabor como en la consistencia del embutido obtenido. Para tener una buena calidad en los embutidos y pérdidas mínimas de masa en el proceso de elaboración térmica, al contener una gran cantidad de soya en la formulación es necesario incluir más agua y menos fosfato (Hleap, 2003).

1.5 Fisicoquímica de las emulsiones

Los sistemas polidispersos están constituidos por partículas de diferentes tamaños y características, que se integran en fases dispersas como es el caso de las emulsiones.

La definición tradicional de una emulsión se refiere a una dispersión coloidal de gotas de un líquido en otra fase líquida (Dickinson y Stainsby, 1988). Estos sistemas de dispersión están constituidos por dos líquidos inmiscibles en los que la fase dispersa se encuentra en forma de pequeñas gotas, entre 0.1 y 10 μm distribuidas en la fase continua.

1.5.1 Emulsión cárnica

Estructuralmente, una emulsión cárnica consiste en una matriz de músculo y fibras del tejido conectivo suspendido en medio acuoso que contienen proteínas solubles y partículas de grasa, actuando como agentes emulsificantes las proteínas solubles que son las sarcoplasmicas y las miofibrilares. En donde la fase dispersa está constituida por fibras del tejido conectivo, fibras del tejido muscular y partículas de grasa recubiertas por proteínas solubles, y la fase continua por agua y proteínas solubles como se muestra en la figura 8.

Las emulsiones contienen sustancias cuyas moléculas están constituidas de una parte no polar (lipofílica) y otra polar (hidrofílica), por lo que es posible que se disuelvan tanto en agua o soluciones acuosas, como en disolventes orgánicos y aceites.

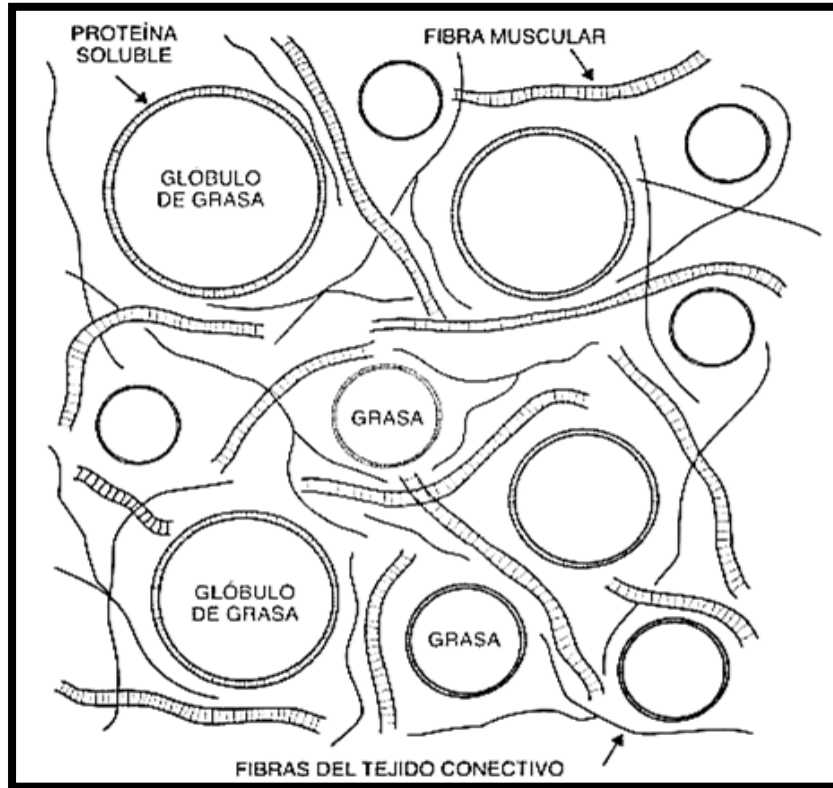


Figura 8. Emulsión cárnica

Fuente: (Forrest, Aberle, Hedrich et. al.,1979)

1.5.2 Desarrollo de una emulsión cárnica

Las emulsiones cárnicas son mezclas de carne finamente cortada, compuestas de agua, proteína, grasa y sal. La obtención de una emulsión homogénea supone el mezclado fino de todos los ingredientes hasta la formación de un producto de textura pastosa, capaz de fluir durante el embutido, y de transformarse en un producto semi rígido tras la cocción, como consecuencia de la desnaturalización de las proteínas y su gelificación (Xiong, 1997). El proceso de elaboración de estos sistemas cárnicos está diseñado para reducir el tamaño de partícula de la carne y grasa y de este modo favorecer el contacto de las proteínas solubles en sal (principalmente la miosina) y de estas, con las partículas de grasa, para lograr la estabilidad del sistema y así controlar la tendencia a la separación de la grasa y obtener un

producto cárnico estable que resista la cocción sin la separación de fases. La duración de este proceso, así como el control de la temperatura durante la elaboración de la pasta, influyen decisivamente sobre la estabilidad de la emulsión cárnica y la calidad del producto final, al condicionar tanto la ligazón grasa-proteína como la tendencia a la exudación de agua y grasa durante el cocinado (Gordon y Barbut, 1992).

1.5.3 Estabilidad de una emulsión cárnica

En una emulsión cárnica estable, las pequeñas gotas de grasa están dispersas en un medio acuoso que contienen proteínas solubles, otros constituyentes musculares solubles, segmentos de fibras musculares y fibras del tejido conjuntivo. En dicha emulsión, cada gota de grasa está recubierta con una fina capa de proteína soluble que se ha liberado al medio acuoso desde las fibras musculares.

Sin embargo, una emulsión cárnica es termodinámicamente inestable y al dejarla reposar por algún tiempo, las gotas se agregan pasando primero por el estado conocido como floculación para luego producir la coalescencia y, por último, la separación de fases inmiscibles. La floculación es la unión de las gotas pequeñas de fase dispersa, y la coalescencia es la formación de una gota mayor. La figura 9 muestra esquemáticamente el proceso de floculación, coalescencia y separación de fases. La estabilidad de una emulsión se logra si se incorpora una tercera sustancia que actúa en la interfase de los líquidos y se domina emulsionante. Por lo general, los emulsionantes son sustancias cuyas moléculas contienen una parte no polar y otra polar, por lo que es posible que se disuelvan tanto en agua o en disoluciones acuosas como disolventes orgánicos y aceites (Dickinson y Vliet, 2003).

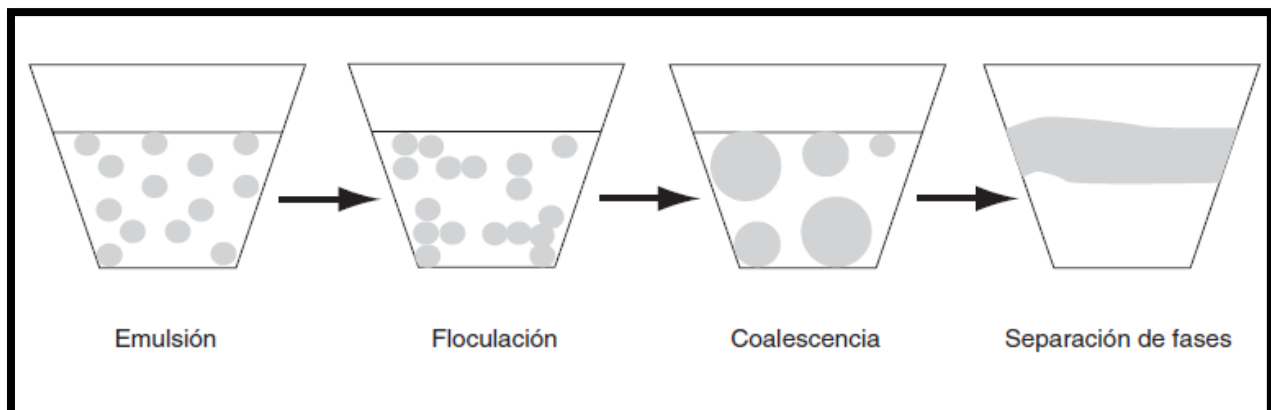


Figura 9. Esquema de los procesos de floculación, coalescencia y separación de fases de una emulsión

Fuente: Badui, 2006

También se puede formar una emulsión estable, con la solubilidad de las proteínas de la carne (actina y miosina). Esto se logra tratando las carnes magras con salmuera diluida para solubilizarlas. La solubilidad de las proteínas con salmuera depende principalmente del pH de la carne y de la firmeza iónica de la disolución (Bolaños, Lutz y Herrera, 2003).

La estabilidad de estas emulsiones viene determinada por una serie de factores que influyen decisivamente en la calidad y rendimiento final del producto cárnico (Muñoz, 2003), entre los factores más importantes, se encuentran: la temperatura, tamaño de las partículas de grasa, pH, estado y tratamiento de la carne después del sacrificio, premezclado, agitación y viscosidad de la emulsión.

En general, la pérdida de la estabilidad de la emulsión conduce hacia la obtención de productos de baja calidad, mientras que una adecuada composición grasa-proteína que facilite la extracción de la proteína miofibrilar durante el troceado y su correcta gelificación durante el cocinado conducen hacia la obtención de emulsiones de elevada calidad. De ello se desprende la importancia de la composición de las materias primas utilizadas durante la elaboración de la emulsión. El uso de una adecuada proporción grasa-proteína de la materia prima durante la fase de troceado facilita la extracción y dispersión de las proteínas miofibrilares de las estructuras celulares, la adecuada reducción del tamaño de la partícula grasa y un grado mínimo de desnaturalización de la proteína miofibrilar, permitiendo así una apropiada cobertura de la partícula grasa. En la práctica, suele ser habitual el aporte de grasa, almidón y proteínas no cárnicas para mejorar el rendimiento y las

propiedades texturales de la emulsión cárnica (Lanier, 1991; Foegeding, Lanier y Hultin, 2000).

Por su parte, el uso de cantidades inadecuadas de grasa está asociado con pérdidas de calidad de la emulsión. Así el uso de grasa en exceso tiende a inestabilizar la emulsión ya que se necesita mayor energía para reducir el tamaño de la grasa, generando con ello un exceso de calor que funde la grasa antes de la gelificación de la proteína (Foegeding, Lanier y Hultin, 2000). Y por otro lado, el uso de pequeñas cantidades de grasa suele estar asociada con problemas tecnológicos de textura, aroma y sabor (Keeton, 1994).

1.6 Uso de proteína de soya en la salchicha tipo Viena

Con el fin de mejorar las propiedades funcionales, aumentar los rendimientos y disminuir el costo de los sistemas cárnicos, la industria alimenticia ha optado por la adición de ingredientes funcionales como la soya (*Glycine max*), ya que es una fuente rica en proteínas.

Existen 4 diferentes productos de soya:

- Harina que contiene aproximadamente 50% de proteína.
- Texturizado contiene 65 % de proteína.
- Concentrado de proteína (70% proteína)
- Aislado de proteína (90% o más de proteína)

De los productos de soya antes mencionados, el que se utilizó en la elaboración de la salchicha tipo Viena fue el concentrado proteico de soya.

1.6.1 Concentrado proteico de soya (CPS)

Los concentrados contienen alrededor de 70% de proteínas. Para su elaboración se pueden seguir tres diferentes procesos como se muestra en la figura 10; el primero utiliza una solución de etanol al 80% para quitar ciertas fracciones solubles

como son los oligosacáridos, parte de las cenizas y otras sustancias de peso molecular bajo; el segundo proceso implica una extracción de las proteínas en su punto isoelectrico, en el que las globulinas y los polisacáridos se insolubilizan y precipitan, y posteriormente se neutralizan y se secan. El tercer método utiliza calor húmedo para desnaturalizar e insolubilizar los polipéptidos de la harina, seguido de un lavado con agua para eliminar los azúcares y otras moléculas pequeñas.

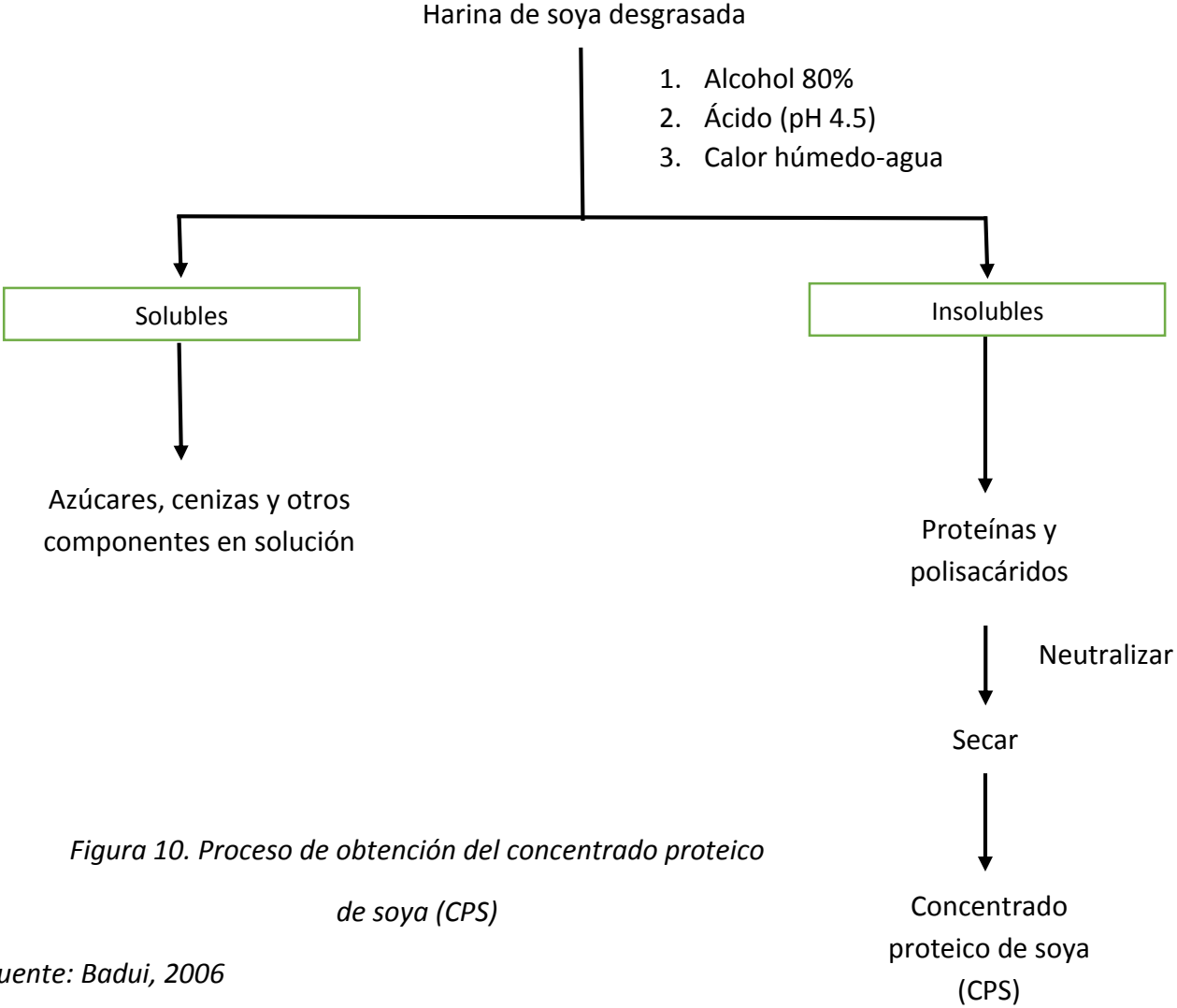


Figura 10. Proceso de obtención del concentrado proteico de soya (CPS)

Fuente: Badui, 2006

treonina, triptófano, valina e histidina. Sin embargo, su contenido de metionina y triptófano es bajo pero se complementa al combinarse con cereales generando una proteína tan completa como la de origen animal (FAO/WHO, 1991).

Además se usa como ingrediente funcional o nutricional en una amplia variedad de productos alimenticios, principalmente en algunos productos cárnicos como curados, cocidos, emulsionados, crudos, secos, maridados, en salmuera, etc.

De acuerdo con la NOM-122-SSA1-1994 el concentrado proteico de soya (CPS) se adiciona a productos curados, cocidos y emulsionados en un 3.5% como máximo.

La proteína de soya concentrada se emplea en los productos cárnicos y avícolas para incrementar la retención de agua y grasa y mejorar los valores nutricionales (más proteínas, menos grasas), además se emplea en la dieta como ingrediente o como producto principal, ya que aporta un excelente valor nutritivo por sus distintas propiedades funcionales en los sistemas alimentarios, dentro de los que se incluyen la emulsificación, la gelificación, la formación de espuma y la capacidad de retención de agua.

1.6.2 Propiedades funcionales del concentrado proteico de soya

El papel de la proteína de soya en diferentes sistemas alimentarios y su uso como un ingrediente funcional, depende principalmente de sus propiedades fisicoquímicas que están gobernadas por sus atributos estructurales y de conformación (USFDA, 1999).

Las propiedades más importantes son:

Alta solubilidad

La solubilidad de la proteína de soya se afecta con el pH, el calor y otros factores. Se reduce al mínimo en la región de su punto isoeléctrico de pH 4.2 a 4.6, e incrementa ligeramente por arriba y abajo de dicho rango. El tratamiento térmico desnaturaliza las proteínas lo que reduce su solubilidad (Wang y Cavms, 1990).

Capacidad emulsionante (CE)

La emulsificación es la capacidad para coadyuvar en la formación y estabilización de emulsiones. Una emulsión es la dispersión de gotas de aceite en una matriz

acuosa continua. Debido a su carácter anfifílico, las proteínas poseen propiedades emulsificantes. Además, poseen la capacidad de formar espumas que están compuestas por gotas de gas encapsuladas por una capa delgada de líquido que contiene proteína solvatada surfactante.

Espuma

Para la formación de espuma, una proteína debe ser soluble en agua y flexible para formar películas cohesivas en la interfase aire-agua. La proteína de soya tiene capacidad de formación de espuma que está directamente relacionada con su solubilidad.

Gelificación

La gelificación es la capacidad para formar geles bajo ciertas condiciones. El gel es una red tridimensional que funciona como una matriz para retener agua, grasa, sabor, azúcar y otros aditivos alimentarios. Los factores principales que afectan la capacidad de gelificación de una proteína son su concentración, la temperatura, duración del tratamiento térmico, así como las condiciones de enfriamiento.

Capacidad de Retención de Agua (CRA)

La capacidad de retención de agua se refiere a la cantidad de agua que las moléculas de la proteína de soya pueden retener. El agua ligada incluye toda la de hidratación y parte de agua asociada a las moléculas de la proteína después de la centrifugación. La cantidad de agua ligada generalmente varía de 30 a 50 g/ 100 g de proteína. La capacidad de retención de agua es una medida del agua “atrapada” que incluye tanto el agua ligada como la hidrodinámica (Luna, 2006).

CAPÍTULO 2

DESARROLLO

EXPERIMENTAL

OBJETIVO GENERAL

Evaluar el efecto de la aplicación de concentrado proteico de soya (CPS) en la elaboración de una emulsión cárnica (salchicha tipo Viena) para estimar la influencia que tiene éste en el desarrollo de propiedades funcionales y en algunos parámetros físicos y fisicoquímicos.

OBJETIVOS PARTICULARES

1. Evaluar el efecto de la adición de CPS en la salchicha tipo Viena sobre la capacidad de retención de agua (CRA) del sistema mediante centrifugación controlada.
2. Valuar el efecto de la adición de CPS en la estabilidad de una salchicha tipo Viena de la resistencia a la deformación, mediante pruebas mecánicas.
3. Determinar el efecto que tiene la adición de CPS en la salchicha tipo Viena sobre los parámetros del perfil de color mediante pruebas de espectrofotometría de reflectancia.
4. Fundamentar la correlación que guarda la adición de CPS en la estabilidad del sistema cárnico salchicha tipo Viena.

HIPÓTESIS

Si las proteínas cárnicas tienen la capacidad de interaccionar con el agua y la grasa, entonces la adición de CPS tendrá un efecto sinérgico en el sistema cárnico y mejorará el desarrollo de su funcionalidad vía el aumento en la CRA, así mismo en su estabilidad, medida por la resistencia a la deformación, los parámetros de perfil de color y el pH.

JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

La producción y el consumo de embutidos y carne procesada en México según las cifras preliminares del Consejo Mexicano de la Carne, señalan que en el 2014 las salchichas (Viena, Frankfurt, cocktailera, etc.) son las que presentan un mayor porcentaje con 51%, seguida por los jamones con el 42%, mientras que tocinos, chorizos, longanizas, los procesados de pavo, mortadelas y chuletas, constituyeron poco más del 7% del total de la producción como se presenta en la figura 11 (www.comecarne.org).

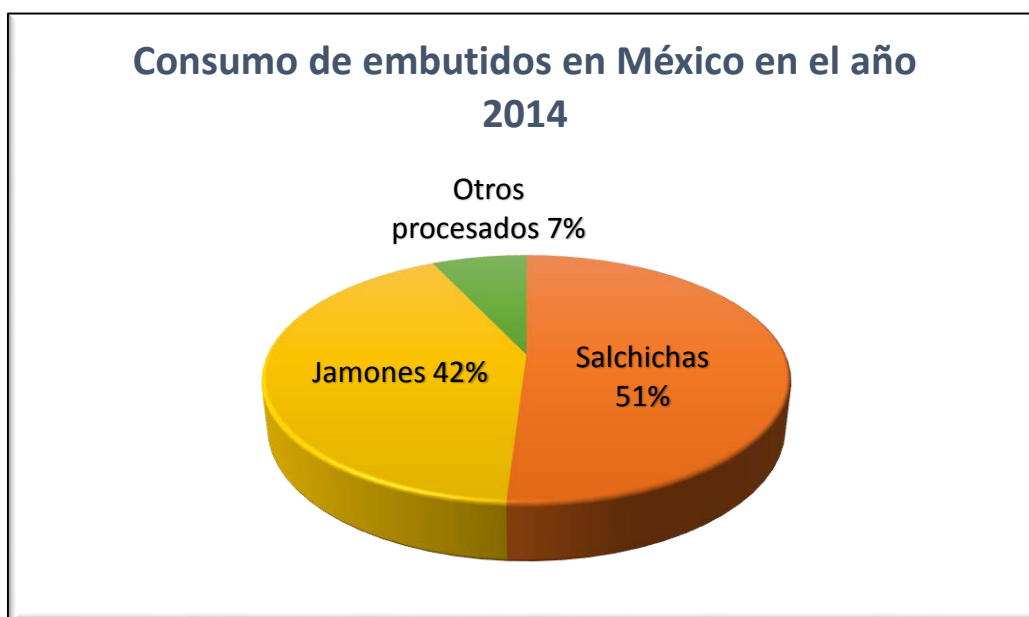


Figura 11. Consumo de embutidos en México en el año 2014

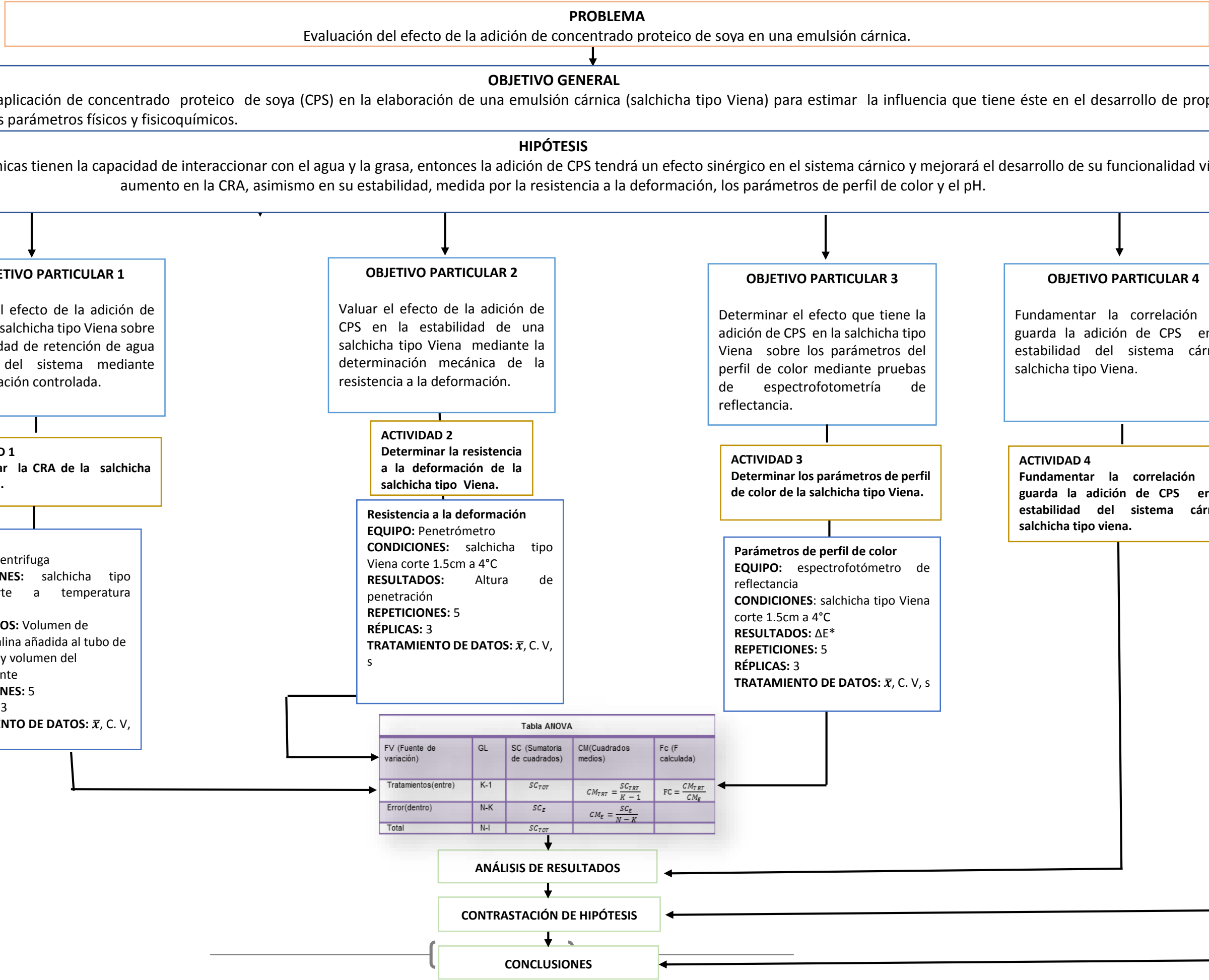
Fuente: www.comecarne.org

Por lo que la industria cárnica mexicana ha buscado mantener y/o aumentar la producción de embutidos, especialmente de salchichas sin perder los objetivos principales que son la reducción de grasa del producto, reducir el precio, mejorar sus propiedades funcionales (CRA y CE) y estabilidad reflejadas en la resistencia a la deformación y el color; esto se consigue con la adición de proteínas vegetales como la soya.

Es por ello que en el presente trabajo se busca el desarrollo de una salchicha tipo Viena con la adición de CPS ya que este contiene 70% de proteína y otorga propiedades funcionales y de estabilidad.

A continuación se presenta la secuencia experimental, describiéndose de una forma concisa la forma en la que se llevó a cabo el desarrollo experimental del proyecto.

2. Secuencia experimental



2.1 Metodología de la investigación

En el presente proyecto, se desarrollaron formulaciones en la elaboración de un producto cárnico tipo emulsión (salchicha tipo Viena) (Cuadro 4), tomando en cuenta como referencia una formulación de la literatura (A.A.P.P.A., 2004), la NOM-213-SSA-2002 y la NMX-F-065-1984.

De acuerdo con el diagrama de proceso de la salchicha tipo Viena (figura 12), como materia prima cárnica se utilizó paleta de ternera; paletilla, lomo y lardo de cerdo.

Se elaboraron 4 lotes de producto de aproximadamente 1 kg, cada uno adicionado con diferentes concentraciones de CPS (0.5%, 1.0% y 1.5% de CPS respectivamente), y 1 lote control tras 24 h de almacenamiento en refrigeración (4°C), se les evaluó a cada uno de los lotes: CRA, resistencia a la deformación y parámetros de perfil de color con 5 repeticiones y 3 réplicas cada uno.

Cuadro 4. Formulación para la elaboración de salchicha tipo Viena

Ingrediente	%
Ternera (paleta)	40.35
Cerdo (paletilla y lomo)	13.45
Hielo picado	21.55
Lardo de cerdo	13.98
Fécula de maíz	7.52
Sal común	1.07
Cebolla en polvo	0.86
Tripolifosfato de sodio	0.43
Sal cura	0.43
Ajo en polvo	0.21
Colorante	0.075
Glutamato monosódico	0.054

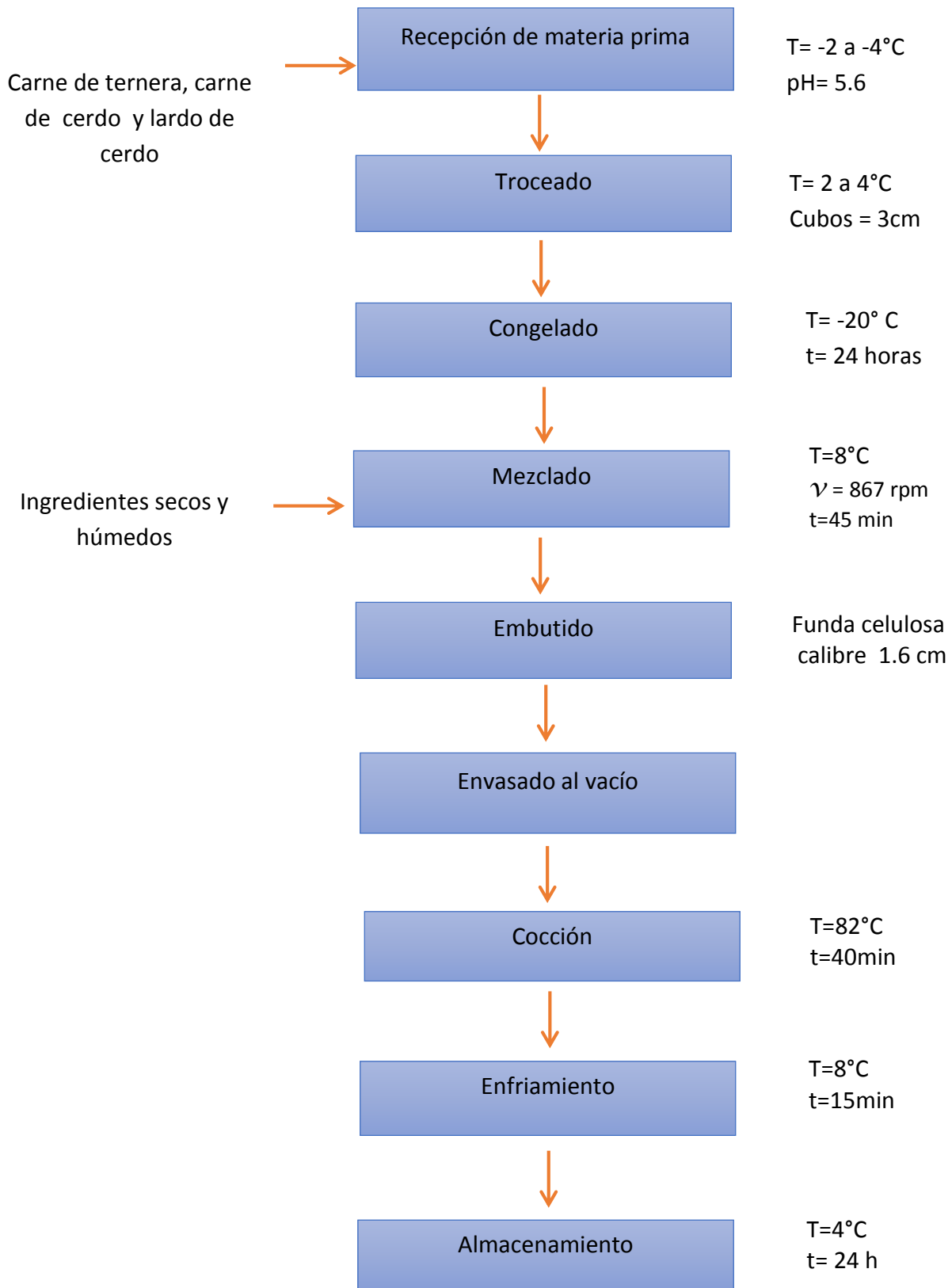


Figura 12. Diagrama de proceso de la salchicha tipo Viena

Se realizó el acondicionamiento de la materia prima cárnica, eliminando fascias y troceado en piezas de 3 cm (figura 13).

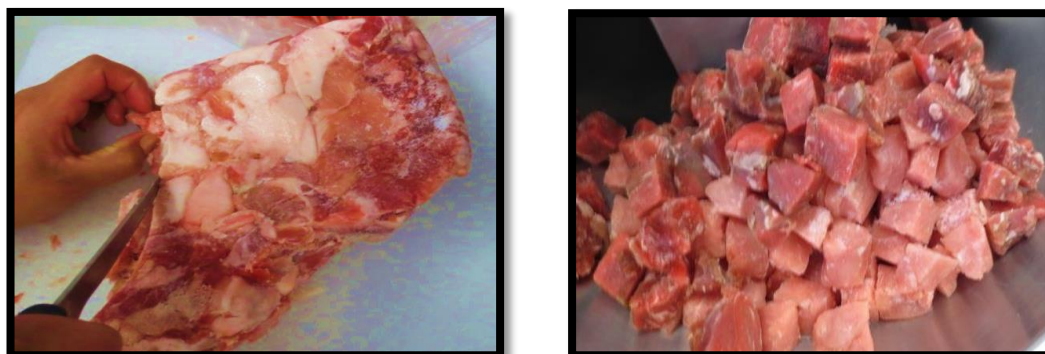


Figura 13. Acondicionamiento de la materia prima cárnica

Se determinó el pH a la carne de ternera y cerdo con un potenciómetro Orión Mod. KNIpHE y electrodo de inmersión, los valores de pH fue de 5.6 para la carne de ternera y de 5.67 para la de cerdo.

Además a cada una de las carnes (ternera y cerdo) se les evaluó la capacidad emulsificante (CE) con un Molino de cuchillas eléctrico Marca Oster mod. Beehive (figura 14). Se mezclaron 25 g de carne con 100 mL de solución fría (4°C) de NaCl 1M hasta homogeneidad. Se tomaron 12.5 g del homogeneizado y se añadieron 37.5 mL de solución de NaCl 1M y se mezcló a baja velocidad, añadiendo 50 mL de aceite de maíz hasta la ruptura de la emulsión. Reportando la cantidad de aceite emulsionado (hasta la ruptura de la emulsión) por g de muestra (Swift, Lockett y Fryar, 1961).



Figura 14. Molino de cuchillas eléctrico Marca Oster mod. Beehive

La materia prima cárnica acondicionada por lotes fue colocada en una cámara de congelación a una temperatura de -20°C , utilizada posteriormente en la elaboración de cada uno de los lotes experimentales. La pasta se elaboró en una cutter marca Hobart, Mod. 84181D (figura 15), cuidando que la temperatura fuese $> 8^{\circ}\text{C}$, a una velocidad (ν) de 867 rpm.

Se incorporó primero la carne de ternera y la carne de cerdo, después la sal, la sal cura y el tripolifosfato de sodio y se agregó lentamente el hielo para favorecer la formación de la emulsión. Posteriormente se incorporó el lardo de cerdo y finalmente se adicionaron los condimentos, la fécula de maíz y el concentrado proteico de soya previamente hidratado, hasta obtener una pasta uniforme, fina y bien ligada, esto se asegura con el tamaño de partícula de los glóbulos de grasa, que según Lissant (1984) los glóbulos de grasa emulsionados en salchichas deben ser de $0.1-1.0\mu\text{m}$. En este proyecto el tamaño de glóbulo de grasa de la emulsión cárnica formada durante la molienda en la Cutter, se evaluó con un microscopio óptico Olympus BX51 con el objetivo 10X, a cada uno de los lotes.



Figura 15. Molienda en el Cutter para la elaboración de la pasta

La pasta cárnica fue embutida en funda de celulosa (1.6 cm de diámetro) y se ató con hilo de algodón cada 11 cm (figura 16), se pesó y luego se envasó al vacío en envase tipo pouch (Grace-Cryovac) para llevarlas a cocción por inmersión en agua a 82°C por 40 min, garantizando que el centro geométrico de las piezas alcanzara

72°C (figura 17). Finalmente se realizó un choque térmico por inmersión en agua a 8°C durante 15 minutos (figura 18) y fueron almacenadas en refrigeración a 4°C.



Figura 16. Salchichas embutidas y envasadas



Figura 17. Cocción de las salchichas y medición de la temperatura en el centro térmico de la salchicha



Figura 18. Choque térmico por inmersión en agua a 8°C

Para obtener los rendimientos de las formulaciones desarrolladas, se pesaron las salchichas, obteniendo el porcentaje de rendimiento de cada uno de los lotes con la siguiente ecuación:

$$\% \text{ Rendimiento} = \frac{(\text{kg de producto terminado del lote} + \text{kg de pasta restante del lote}) \times 100}{\sum \text{kg de ingredientes por lote}}$$

Tras 24 horas en refrigeración (4°C), las salchichas fueron evaluadas en términos de CRA, resistencia a la deformación y parámetros de perfil de color, que se describen a continuación.

2.2 Evaluación para la Capacidad de Retención de Agua (CRA)

La CRA se realizó mediante centrifugación controlada con Centrifuga Centurion Scientific modelo K2015R (figura 19).

En tubos de centrifuga graduados se colocaron 5g de carne, a cada tubo se añadieron 8 mL de solución fría (4°C) de NaCl 0.6M y agitaron con una varilla de vidrio por un minuto, posteriormente se colocaron los tubos en un baño de hielo por 30 min, se agitaron nuevamente por un minuto y se centrifugaron por 30 minutos a 6000 rpm y 4°C



Figura 19. Centrifuga Centurion Scientific mod. K2015R

(Barton, Demeyer, Honikel, et. al., 1994).

Por último se calculó la CRA con la siguiente ecuación:

$$\text{CRA} = \frac{V_a - V_s}{\text{peso de muestra}} \times 100$$

Dónde:

V_a: Volumen de solución salina al tubo de centrifuga

V_s: Volumen del sobrenadante

Reportando la cantidad de solución retenida por cada 100 g de muestra.

2.3 Evaluación de la resistencia a la deformación

La prueba de la resistencia a la deformación se hizo con un Penetrómetro Fruit Pressure Tester modelo FT 327 (figura 20) y una punta de 11mm de diámetro (Hart, 1991).

Se cortaron las muestras de la salchicha a un espesor de 1.5 cm, se colocó la punta de 11mm de diámetro al penetrómetro, posicionando el puntal de forma perpendicular a la salchicha para después presionar progresivamente y gradualmente de tal forma que la aguja se moviera por secciones, evitando la presión de golpe ya que la medición sería incorrecta. Se reportó el valor en kg que muestra el penetrómetro.



Figura 20. Penetrómetro Fruit Pressure Tester modelo FT 327

2.4 Evaluación para los parámetros de perfil de color

Las prueba de color se realizaron por espectrofotometría de reflectancia según procedimiento establecido por la AMSA, 2012, con un espectrofotómetro de reflectancia, Konica Minolta modelo CM600d (figura 21). Se prepararon muestras de aproximadamente 3x3 cm, antes de realizar la medición se coló un cuarzo, el cual impide el contacto directo del instrumento con la muestra y permite formar el ángulo de 0°. La medición se realizó 3 veces en el alimento para obtener las coordenadas de luminosidad L*, componente rojo (a*) y componente amarillo (b*). Las diferencias entre las coordenadas de color de las formulaciones se obtuvieron mediante la diferencia colorimétrica total (ΔE).



Figura 21. Espectrofotómetro de reflectancia Konica Minolta CM600d

$$\Delta E^* = [(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2]^{0.5}$$

CAPÍTULO 3

ANÁLISIS Y

DISCUSIÓN DE

RESULTADOS

Después de haber realizado la evaluación de cada una de las propiedades de los lotes de salchicha elaborados, control y adicionados de CPS, los resultados fueron evaluados mediante un análisis de varianza (ANOVA) de una vía (Serrano, 2003), con el software Minitab 16.0

Donde se consideró un nivel de significancia del 5% ($\alpha=0.05$) y donde se hizo una prueba de hipótesis que se consideró de la siguiente forma:

$$H_0 = \mu_{CPS0} = \mu_{CPS0.5} = \mu_{CPS1.0} = \mu_{CPS1.5}$$

$$H_1 = \text{Al menos una media es distinta}$$

3.1 Capacidad Emulsionante (CE)

Los resultados obtenidos para la CE de la carne de cerdo fue de 65.7 mL de aceite emulsionado/ g de muestra y de la carne de ternera de 55.3 mL de aceite emulsionado/ g de muestra.

Autores como Hleap y Molina (2008) explican que en una emulsión cárnica las gotas de grasa están recubiertas de proteína que le dan la estabilidad a la emulsión, ya que se unen a los dipolos de agua, formando la interfase. . Algunos factores que influyen en la CE son el PH, la temperatura y la cantidad de grasa presente.

3.2 Tamaño de glóbulos de grasa

Una vez que se realizó la molienda en la Cutter, se procedió a medir el tamaño del glóbulo de grasa a cada uno de los lotes, para comprobar que fueran pastas finas y de esta forma lograr la estabilidad de la emulsión en la cocción.

Como se muestra en la figura 22, los glóbulos de grasa para el lote control sin la adición de CPS se obtuvo un promedio de 0.8 μm .

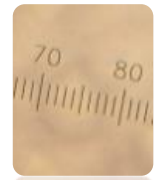


Figura 22. Glóbulos de grasa de la salchicha tipo Viena control

El lote con la adición de 0.5% de CPS (figura 23), obtuvo un promedio del tamaño de los glóbulos de grasa de 0.6 μm .

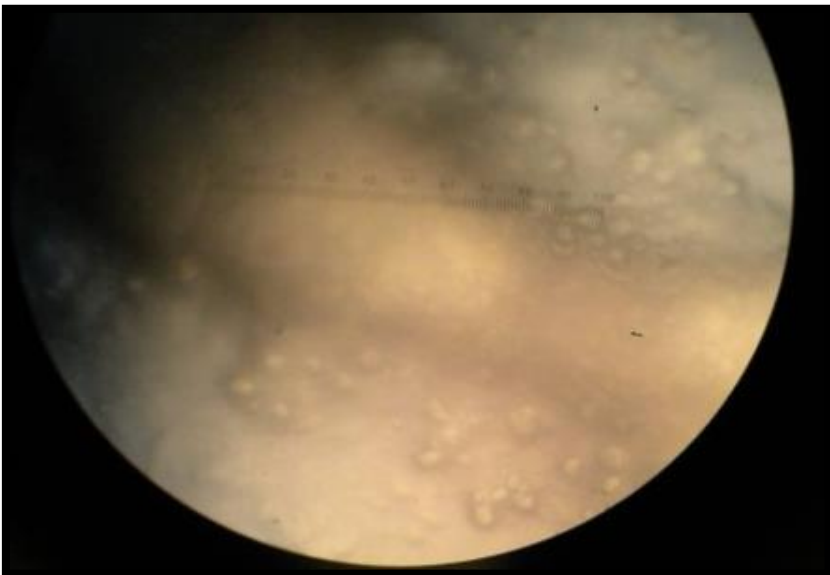


Figura 23. Glóbulos de grasa de la salchicha tipo Viena con CPS 0.5%

El lote con la adición de 1.0% de CPS (figura 24), obtuvo un promedio del tamaño de los glóbulos de grasa de 0.5 μm .



Figura 24. Glóbulos de grasa de la salchicha tipo Viena con CPS 1.0%

El lote con la adición de 1.5% de CPS (figura 25), obtuvo un promedio del tamaño de los glóbulos de grasa de 0.7 μm .

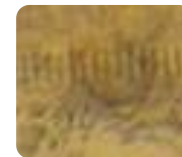


Figura 25. Glóbulos de grasa de la salchicha tipo Viena con CPS 1.5%

No existiendo una diferencia significativa ($P > 0.5$) entre el lote control y el adicionado con 1.5% de CPS, al igual que entre el lote con 0.5% de CPS y el de 1.0%. Sin

embargo existe una diferencia significativa entre el lote control y los lotes adicionados con 0.5% y 1.0 de CPS.

De acuerdo con los tamaños de glóbulos de grasa que se obtuvieron en cada uno de los lotes corresponden a pastas finas.

3.3 Rendimientos

En la figura 26 se reportan los resultados del porcentaje de rendimiento que se obtuvo para cada uno de los lotes experimentales en la elaboración del producto cárnico a través de la siguiente ecuación:

$$\% \text{ Rendimiento} = \frac{(\text{kg de producto terminado del lote} + \text{kg de pasta restante del lote}) \times 100}{\sum \text{kg de ingredientes por lote}}$$

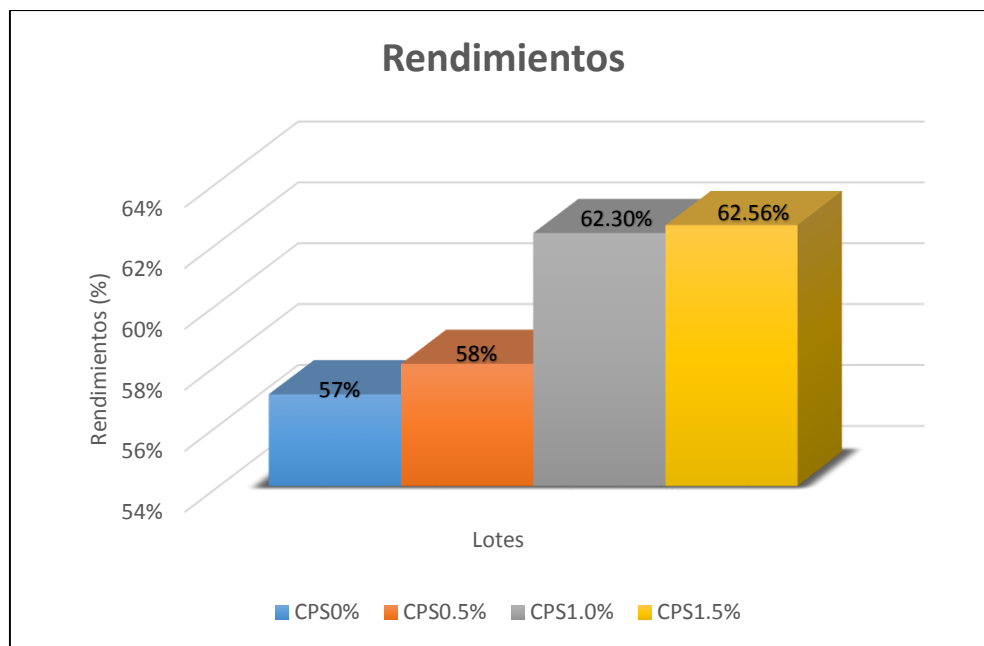


Figura 26. Porcentaje de los rendimientos de los diferentes lotes

Como se observa en la figura 26 para el lote control sin adición de CPS el rendimiento fue de 57%, el lote con 0.5% de CPS, de 58%, teniendo solo un aumento del 1% respecto al lote control, sin embargo al adicionar 1.0% y 1.5% de CPS rebasaron el 60% de rendimiento, aumentando aproximadamente 5% de

rendimiento respecto del lote control, esto debido a la adición de CPS ya que a través de la retención de agua aumenta y mejora el rendimiento. Es decir, por el aumento de las interacciones proteína-proteína y proteína-agua que genera el CPS, ayuda a mejorar la fijación de agua en la salchicha tipo Viena. Las proteínas vegetales como la soya, se utilizan a menudo como agentes gelificantes en los productos de carne triturada para mejorar el rendimiento mediante la mejora de las propiedades de unión de agua, así como para estabilizar la emulsión (Pietrasik y Duda, 2000).

En general los tres lotes adicionados con CPS aumentaron el rendimiento, sin embargo al adicionar 0.5% de CPS el rendimiento no aumentó significativamente ($P > 0.05$) en comparación del lote control, pero al adicionar 1.0% y 1.5% de CPS hubo una diferencia significativa ($P < 0.05$) respecto del lote control y del lote con 0.5% de CPS, aumentando el rendimiento del 5% aproximadamente. Por lo que se recomienda el uso de CPS al 1.0 % en salchichas tipo Viena debido a que generan mayor rendimiento y menor costo.

3.4 Capacidad de Retención de Agua (CRA)

La figura 27 muestra los resultados obtenidos de la CRA donde se puede apreciar que, la CRA del lote control sin CPS es de 3.8 %, por su parte al agregar las diferentes concentraciones de CPS se puede mencionar que estadísticamente son iguales, sin embargo existe una diferencia significativa ($P < 0.05$) entre ellas ya que para el lote adicionado de 0.5% de CPS, la CRA fue de 14.8%, de 17.2% en el lote con 1.0% de CPS y de 19.2 % para el lote con 1.5% de CPS. Este aumento en la CRA, se atribuye a la adición de CPS, ya que las proteínas de la soya poseen numerosas cadenas laterales polares que, junto con las uniones peptídicas, hacen que las proteínas sean hidrofílicas, reteniendo así más cantidad de agua por lo que al aumentar la concentración del CPS aumenta la CRA (Wijeratne, 2005).

Esto se debe por un lado, a la adición de polifosfatos usados como aditivos, ya que estos son retenedores de agua pues son polielectrolitos que se encuentran fuertemente cargados negativamente por lo que atraen moléculas de agua

facilitando su retención. El equilibrio entre agua libre y ligada se desplaza en función de las condiciones del medio. Los polifosfatos actúan como secuestrantes, mediante los complejos Ca^{2+} y Mg^{2+} influyendo así en la retención de agua, pues complejan las cationes disminuyendo sus enlaces, abren las cadenas peptídicas y el medio se hidrata.

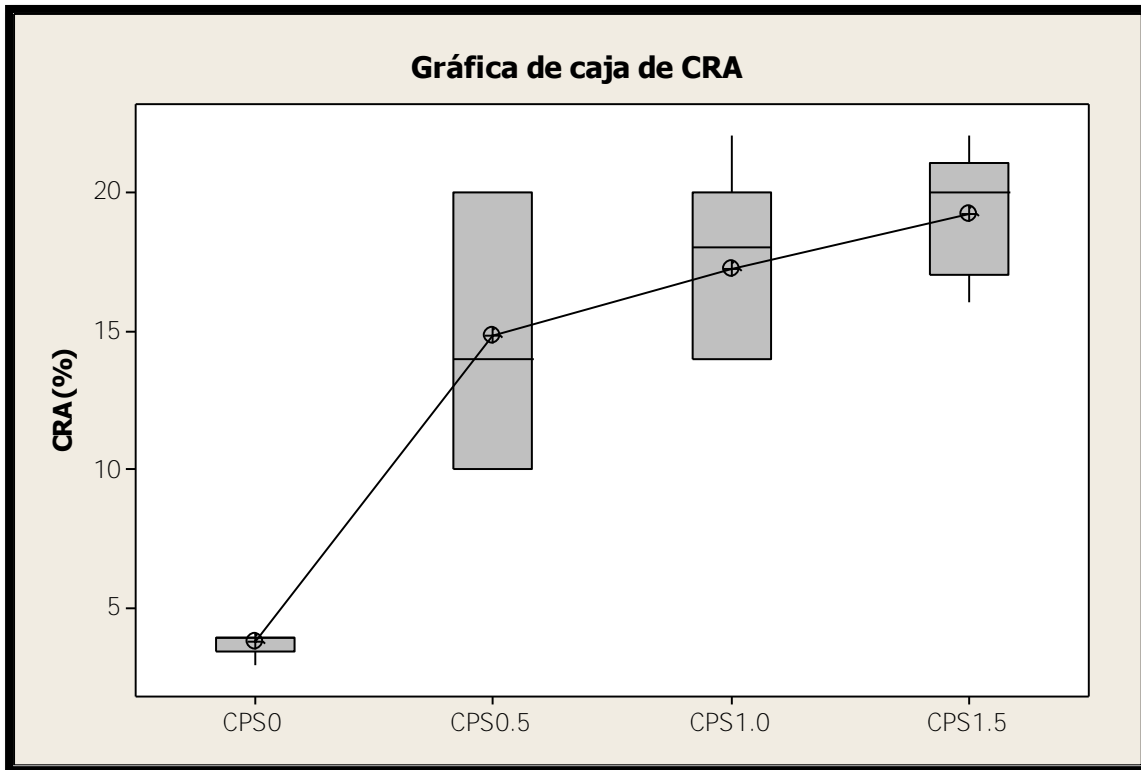


Figura 27. Gráfica de caja de la CRA de los diferentes lotes de la salchicha tipo Viena

Además se debe tomar en cuenta que la adición de CPS está relacionada con el pH y la CRA ya que como se muestra en la figura 28, al aumentar el CPS se promueve el aumento del pH, que finalmente afectará de manera positiva el incremento en la CRA.

Para el lote control sin la adición de CPS se obtuvo un pH de 6.44, para la concentración de 0.5% de CPS de 6.72, de 6.82 para 1% de CPS y de 6.91 para 1.5%. Esto se debe a que a medida que aumenta el pH, por un lado, aumenta la carga y la atracción dipolo-dipolo, y, por otro lado, hay una repulsión entre las moléculas de proteínas cargadas de igual signo, aumentando así el tamaño de la zona H, donde es el espacio libre donde se retiene agua, aumentando así la CRA.

Por otra parte una aproximación al punto isoeléctrico (5.0) determina una pérdida de la CRA, ya que las cargas eléctricas en las proteínas cárnicas se igualan y no hay por tanto, atracción entre las moléculas de agua, ni repulsión entre las moléculas de proteínas entre sí (Hamm, 1960).

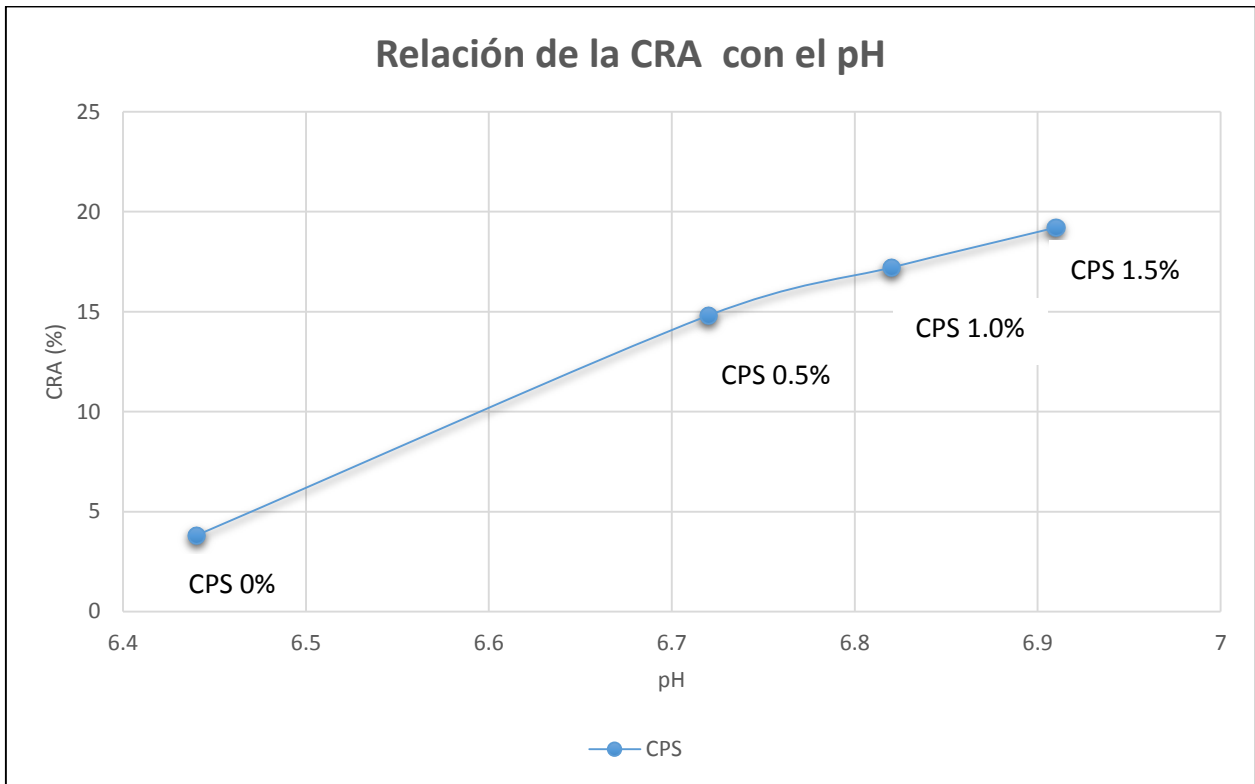


Figura 28. Gráfica de la relación de la CRA con el pH de cada una de las concentraciones de CPS

3.5 Resistencia a la deformación

Los resultados de la evaluación de la resistencia a la deformación se muestran en la figura 29, para el lote control sin la adición de CPS se obtuvo una resistencia a la deformación de 1.36 kgf, para la concentración de 0.5% de CPS de 2.66 kgf, de 3.7 kgf para el 1.0% y de 4.1 kgf para el lote con de 1.5% de CPS, existiendo una diferencia significativa ($P < 0.5$) entre los lotes

Este aumento se atribuye a que el CPS forma más enlaces con las proteínas cárnicas y que se ve reflejado en valores de resistencia más altos. Pietrasik y Duda, (2000) encontraron que a través de un estudio de microestructura en salchichas, reveló que la proteína de soya estabiliza la emulsión cárnica durante la cocción, debido a la inmovilización de los glóbulos de grasa por una membrana de proteínas, así como su restricción física por una matriz de proteína, contribuyendo con una estructura más firme.

En cuanto al valor de resistencia menor obtenida en el lote control en comparación con los lotes adicionados de CPS, esto podría ser debido a que las interacciones moleculares de las proteínas cárnicas eran más débiles, dando así una estructura más débil que las adicionadas con CPS. Pietrasik y Duda (2000), mencionan que los embutidos elaborados con algún aditivo como los derivados de la soya exhiben mayor dureza en relación con los fabricados sin aditivos.

Heinz (1986) señala que estos aumentos en la dureza se deben principalmente al tratamiento térmico que se le da al producto cárnico, donde ocurre la coagulación de las proteínas cárnicas, pues existen interacciones proteína-proteína, formando una red tridimensional, dando lugar a estructuras más rígidas.

Esta propiedad está relacionada con la CRA y con el pH, ya que el CPS forma mediante uniones peptídicas un gel alrededor del glóbulo de grasa, de esta forma al aumentar la concentración del CPS, el sistema es estructuralmente más fuerte y de ésta forma tanto la CRA, el pH y la resistencia a la deformación aumentan significativamente ($P < 0.5$) respecto al lote control.

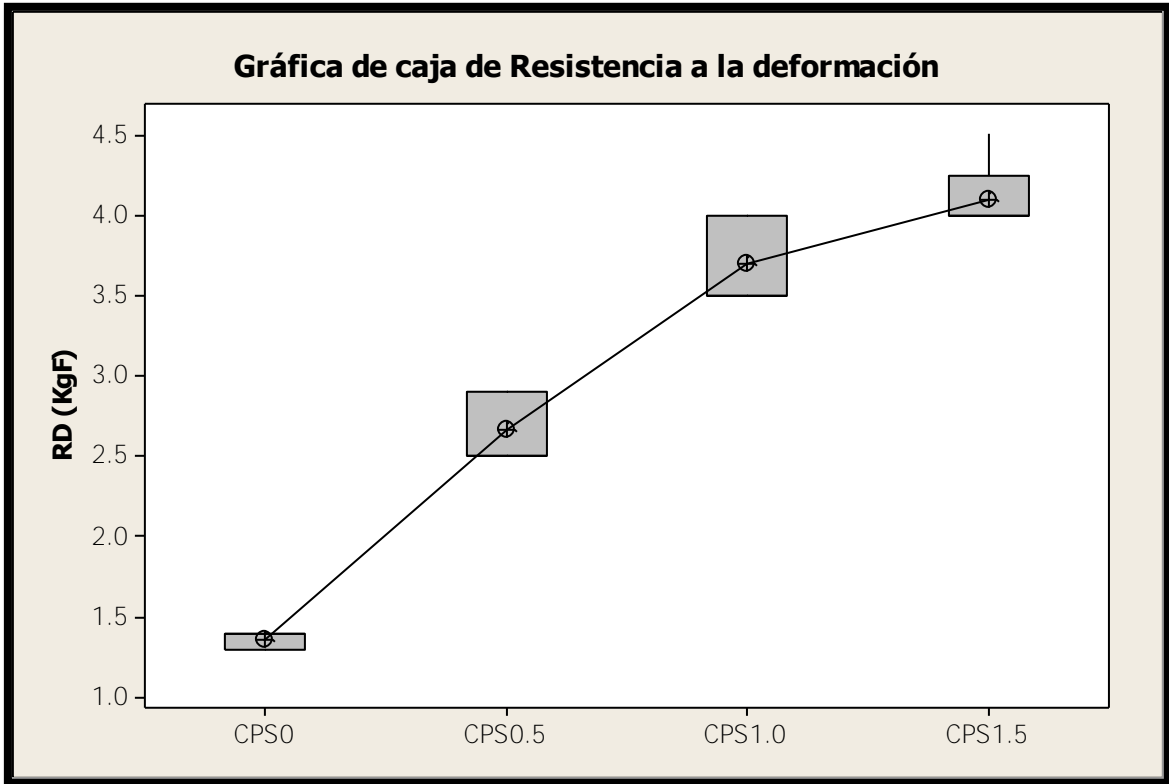


Figura 29. Gráfica de caja de la resistencia a la deformación de los diferentes lotes de la salchicha tipo Viena

3.6 Parámetros de perfil de color

Como se muestra en la figura 30, conforme aumenta la concentración de CPS, aumenta la luminosidad (L^*). Los resultados obtenidos de L^* indican que para el lote control sin la adición de CPS fue de 63.14, al adicionar 0.5% de CPS a la salchicha tipo Viena se obtuvo una L^* de 64, no existiendo una diferencia significativa ($P > 0.5$) entre estos lotes; al adicionar 1.0% de CPS se obtuvo una L^* de 65.13 y de 65.76 para el lote con 1.5% de CPS, no habiendo diferencia significativa ($P > 0.5$) entre estos lotes, sin embargo estadísticamente existe una diferencia significativa ($P < 0.5$) de estos dos últimos lotes respecto al lote control.

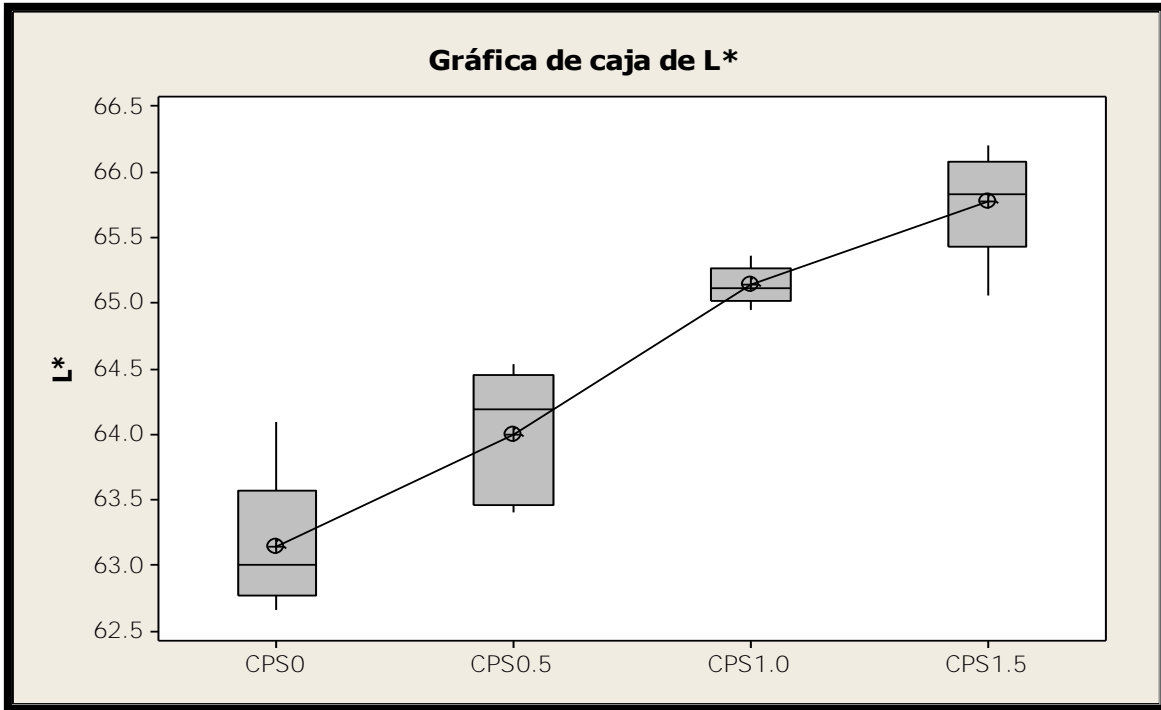


Figura 30. Gráfica de caja de L de los diferentes lotes de la salchicha tipo Viena*

Como se muestra en la figura 31, los resultados obtenidos de la coordenada a* para el lote control fue de 11.56, para el lote con la adición de 0.5% de CPS fue de 10.02 y de 9.25 para el lote con 1.0% de CPS, existiendo una diferencia significativa ($P < 0.5$) entre ellos y tendiendo más hacia el color rojo ya que los valores obtenidos son mayores a cero, sin embargo al adicionar 1.5% de CPS no hubo una diferencia significativa ($P > 0.5$) respecto al lote control.

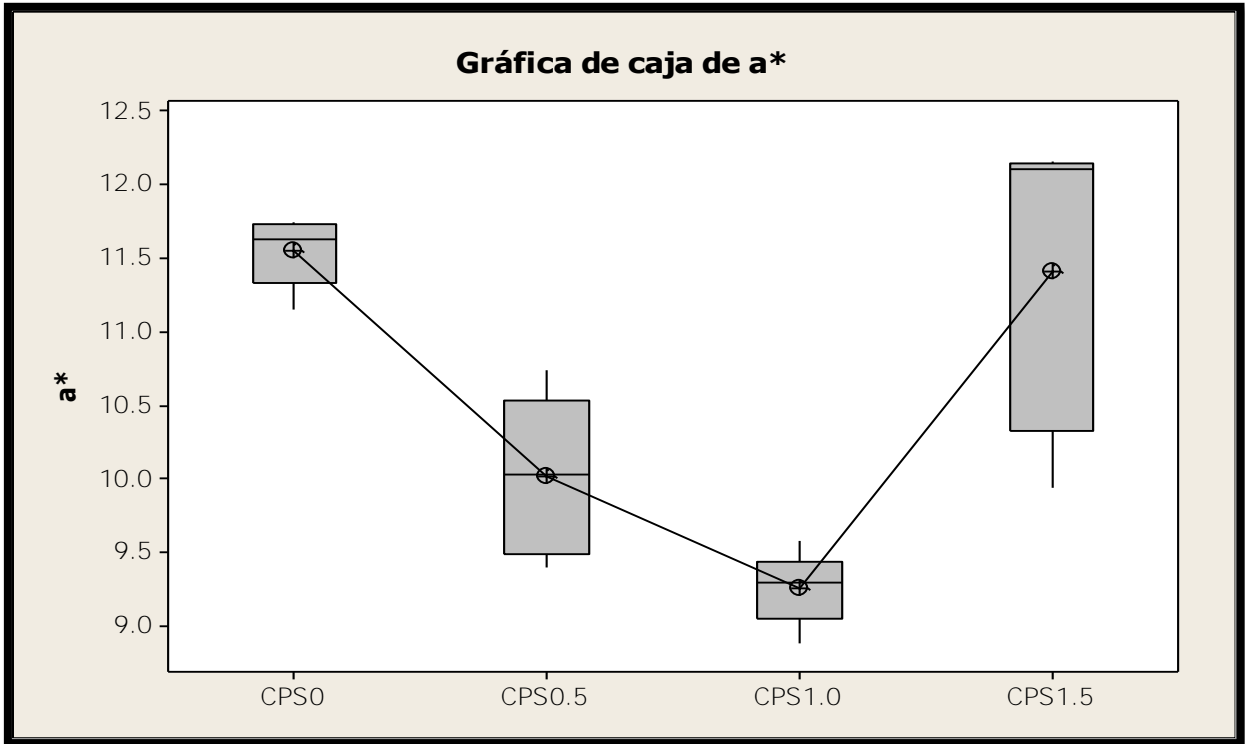


Figura 31. Gráfica de caja de a de los diferentes lotes de la salchicha tipo Viena*

Para la coordenada b* (figura 32) se obtuvo para el lote control de 9.54, de 9.64 para la concentración de 0.5%, de 9.85 para la de 1.0 % y de 8.51 para la de 1.5% de CPS, no existiendo una diferencia significativa entre ellos ($P > 0.5$). Indicando así que la coordenada b* en todos los lotes tiende a amarillo porque los valores obtenidos son mayores que cero.

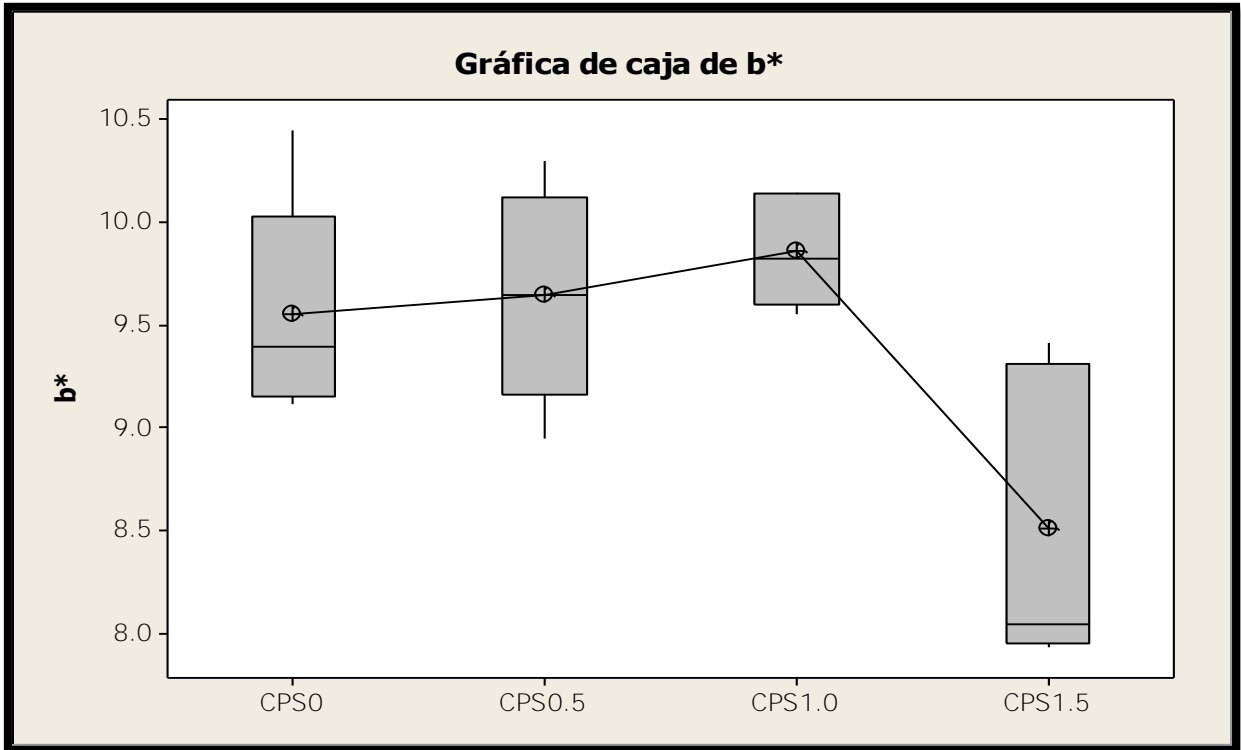


Figura 32. Gráfica de caja de b^* de los diferentes lotes de la salchicha tipo Viena

Como se muestra en la figura 33, los resultados obtenidos de la diferencia de color (ΔE^*) para el lote con la adición de 0.5% de CPS fue de 1.26, de 0.59 para la de 1.0% y de 2.0 para la de 1.5% de CPS. La AMSA (2012) reportó que los valores de ΔE^* se encuentran dentro de los siguientes intervalos.

Valor	Significado
ΔE^*	
0-1	No existe diferencia
1-2	Cambios mínimos, no son perceptibles al ojo humano
2-3.5	Existe una mediana diferencia
3.5-5	Existe un cambio perceptible al ojo humano
>6	Existe un evidente cambio de color perceptible al ojo humano

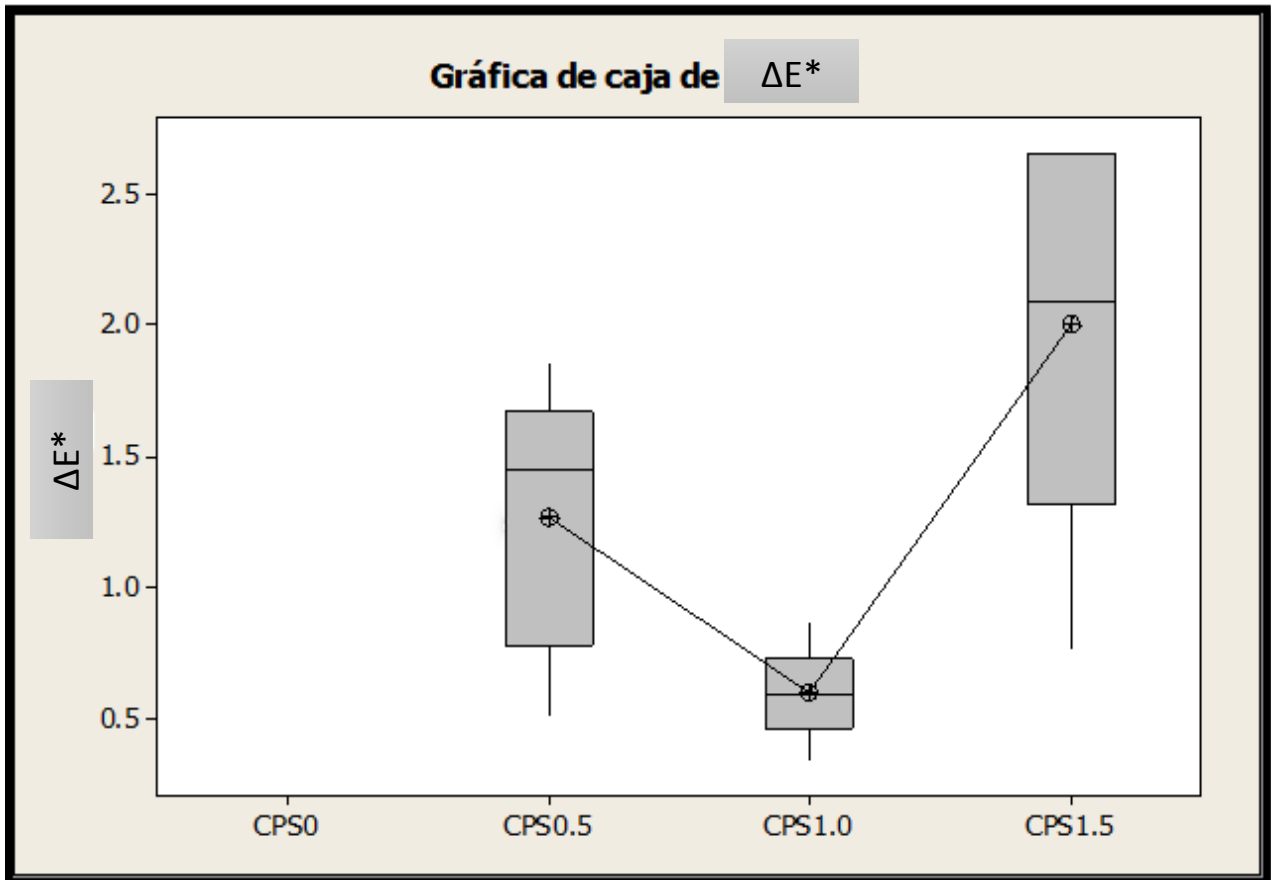


Figura 33. Gráfica de caja de ΔE^* de los diferentes lotes de la salchicha tipo Viena

Lo que significa que en los lotes adicionados con 0.5% y 1.5% de CPS hubo un cambio mínimo que no perceptible por el ojo humano, a diferencia del lote adicionado con 1.0% de CPS donde la diferencia fue mínima respecto al lote control.

El aumento en la luminosidad (L^*) y la diferencia de color (ΔE^*) de cada uno de los lotes se debe a las interacciones que existen entre la proteína cárnica, el CPS, el agua y los glóbulos de grasa. El CPS al ser una molécula anfifílica, es decir, que contiene una parte hidrofóbica y una lipofílica, da lugar a la interacción proteína-agua así como proteína grasa. Por un lado los residuos hidrofóbicos de las proteínas se acumulan en el interior de la estructura, mientras que en la superficie aparecen diversos grupos con carga eléctrica, en función del pH del medio. En torno a los grupos cargados, los dipolos del agua se orientan conforme a la carga eléctrica de cada grupo, de tal manera que la proteína presenta una capa de solvatación formada por el agua de hidratación, que es el agua retenida por las cargas eléctricas

de la superficie de las proteínas, donde interaccionan con el agua mediante puentes de hidrógeno. Y la parte lipofílica interacciona con los glóbulos de grasa, debido a que al haber radicales libres proteicos por contacto con los radicales libres formados durante la oxidación de los lípidos, da lugar a enlaces covalentes tanto inter, como intramolecularmente, reteniendo así más glóbulos de grasa.

CONCLUSIONES

- Los resultados obtenidos para la CE de la carne de cerdo fueron de 65.7 mL de aceite emulsionado/ g de muestra y de la carne de ternera de 55.3 mL de aceite emulsionado/ g de muestra, demostrando que la carne de cerdo obtuvo 14% mayor capacidad emulsionante que la carne de ternera.
- El tamaño de los glóbulos de grasa del lote control fue de 0.8 μm , de 0.6 μm para el lote adicionado con 0.5% de CPS, de 0.5 μm para el lote con 1.0% y de 0.7 μm para el 1.5%. No existiendo una diferencia significativa ($P>0.5$) entre el lote control y el adicionado con 1.5% de CPS, al igual que el lote con 0.5% de CPS y el de 1.0%. Sin embargo existe una diferencia significativa entre el lote control y los lotes adicionados con 0.5% y 1.0 de CPS.
- Los rendimientos que se obtuvieron fueron mayores del 50% en todos los lotes, observándose un aumento significativo ($P<0.05$) cuando se le añadió 1.0% y 1.5% de CPS respecto del lote control.
- En cuanto a la CRA, los resultados obtenidos fueron de 3.8% para el lote control, de 14.8% para el lote con 0.5% de CPS, de 17.2% para el lote con 1.0% de CPS y de 19.2% para el lote con 1.5% de CPS. Lo que indicó un aumento en la CRA y una diferencia significativa ($P<0.5$) de los lotes adicionados con CPS respecto del control.
- Se observó en la resistencia a la deformación un aumento proporcional, al aumentar la concentración de CPS. Los resultados obtenidos para el lote control fueron de 1.36 kgf, de 2.66 kgf para el lote con 0.5% de CPS, de 3.7 kgf para el lote con 1.0% de CPS y de 4.1 kgf para el lote con 1.5% de CPS, existiendo una diferencia significativa entre los lotes ($P<0.5$).
- En los parámetros de perfil de color, los resultados de L^* aumentaron conforme se aumentó la concentración de CPS. En el lote control fue de 63.14, de 64 para el lote con 0.5% de CPS, no existiendo diferencia significativa ($P>0.5$) entre estos lotes. Al adicionar 1.0% de CPS, L^* fue de 65.13 y de 65.76 para el lote con 1.5% de CPS, no habiendo diferencia significativa ($P>0.5$) entre estos lotes,

sin embargo estadísticamente existe una diferencia significativa ($P < 0.5$) de estos dos últimos lotes respecto del lote control.

- Los valores obtenidos para la coordenada a^* demostraron una diferencia significativa ($P < 0.5$) entre el lote control y los lotes adicionados con 0.5% y 1.0% de CPS, sin embargo no existió una diferencia significativa ($P > 0.5$) en el lote adicionado de 1.5% de CPS respecto del lote control.
- Los resultados de la coordenada b^* no demostraron diferencia significativa ($P > 0.5$) entre los lotes.
- La diferencia de color (ΔE^*), de los lotes adicionados con CPS, indicaron que hubo un cambio mínimo y que estos no son perceptibles ante el ojo humano.
- La adición de CPS a la formulación de salchicha tipo Viena en las tres diferentes concentraciones (0.5, 1.0 y 1.5%) en el sistema cárnico, mejoró el desarrollo de su funcionalidad, con una correlación positiva, ya que al aumentar la adición de CPS, aumentó la CRA y la resistencia a la deformación. En cuanto al tamaño de glóbulo, al aumentar la cantidad de CPS adicionada al sistema cárnico, el tamaño de glóbulo de grasa disminuyó, con los mejores resultados en los lotes con 1.0 y 1.5% de CPS, correspondientes a los de las pastas finas estables. El lote que reunió los mejores resultados, tanto de estabilidad, funcionalidad, rendimiento y tamaño de partícula, fue el adicionado con 1.0%.

BIBLIOGRAFÍA

- A.A.P.P.A. (2004) Introducción a la Tecnología de Alimentos. Editorial LIMUSA. pp. 83.
- American Meat Science Association [AMSA], (2012) Meat color measurement guidelines. Illinois, USA.
- Badui, D. S. (2006) Química de los alimentos. 4a ed. Ed. Pearson Educación. México. pp. 736.
- Barton-Gade, P. A., Demeyer, D., Honikel, K. O., Joseph, R. L., Poulanne, E., Severini, M., Smulders, F. & Tornberg, E. (1994) Final version of reference methods for water holding capacity in meat and meat products: Procedures recommended by an OECD working group. Prepresented at the 39th ICOMST in 1993, 40th Intern. Congress of Meat Science and Technology, Dan Haag.
- Bolaños, V.N., Lutz G.C., Herrera, R.C.I. (2003) Química de alimentos. Manual de laboratorio. Ed. Universidad de Costa Rica. Costa Rica. pp.61-83.
- Carballo, B., López, D.T.G., Madrid, A. (2001) Tecnología de la carne y de los productos cárnicos. Ed. AMV. España. pp. 24-67.
- Carballo, G.B.M., López, D.T.G. (1991). Manual de bioquímica y tecnología de la carne. España, A. Madrid. Vicente. pp 37-40.
- Dickinson, E. y Stainsby, G. (1998) Advances in food emulsions and foams. Elsevier Applied Science, E.U.
- Dickinson, E. y Vliet, T.V. (2003) Food Colloids, Biopolymers and Materials. The Royal Society of Chemistry.
- FAO/WHO. (1991) Protein quality evaluation: Report of joint FAO/WHO expert consultation, Food and Nutrition Paper 51. FAO.
- Fennema, O., Parkin, K.L. y Damodaran, S. (2006) Química de los alimentos. Ed. Acribia. España. pp. 928-967.
- Foegeding, E.A., Lanier, T.C., Hultin, H.O. (2000) Características de los tejidos musculares comestibles. Química de los Alimentos. Ed. Acribia, S.A. Zaragoza, España.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) Rome, 2007.
- Forrest, J.C., Aberle, E.D., Hedrich, H.D., Hudge, M.D. y Merkel, R.A. (1979) Fundamentos de ciencia de la carne. Ed. Acribia. España. pp. 21-68.

- Gordon, A.y Barbut, S. (1992) Mechanisms of meat batter stabilization: A review. Crit. Rev. Food Sci. Nutr., 32 (4), 299-332.
- Guerrero, L.I. y Arteaga, M.R. (1990) Tecnología de carnes. Elaboración y preservación de productos cárnicos. Editorial Trillas. México.
- Hamm, R. (1960) Meat Science. Editorial Woodhead Publishing. London, England. pp. 237-239.
- Hart, F.L. (1991) Análisis moderno de los alimentos. España: Acribia. pp. 316-345.
- Heinz, G. (1986). Higiene y tecnología de la producción cárnica (III). Fleischwirth 1, 44-50.
- Hleap, J. y Molina, A. (2008) Manual de transferencia tecnológica. Proceso de elaboración de salchichas a partir de tilapia roja (*Oreochromis sp*) con adición de almidón de sagú (*Maranta arundinacea*). Palmira: Universidad nacional de Colombia.
- Hleap, J., Gutierrez, A., Rivera, L. (2003) Análisis microbiológico y sensorial de productos elaborados a partir de surimi de Carduma (*Cetengraulis mysticetus*) y Plumuda (*Ophistonema spp.*).
- Hoogenkamp, K.W. (2005) Soy protein and formulated meat products. pp 95-97.
- Huff, L. E. y Lonergan, S.M. (2005) Mechanisms of water-holding capacity of meat: The role of *post mortem* biochemical and structural changes. Meat Science, 71,194-204.
- Keeton, J.T. (1994) Low-fat meat products technological problems with processing. Meat Science, 36, 261-276.
- Lanier, T.C. (1991) Interactions of muscle and non-muscle protein affecting heat-se gel rheology. In N. Parris, & R Barford, Interactions of food proteins (pp. 268). Washington, DC.
- Lawrie and Ledward, D. (2013) Lawrie's meat science. Editorial Woodhead publishing. London, England. pp. 237-239.
- Lissant, K.J. (1984) Emulsions and emulsion Technology. Vol.VI. Marcel Deker.
- Luna, J. A. (2006) Valor Nutritivo de la Proteína de Soya Investigación y Ciencia, Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal vol. 14, núm. 36, pp. 29-34.
- Muñoz, P. A. (2013) Elaboración de conservas y cocinados cárnicos. Ed. IC. pp.217-219.
- NMX-F-065-1984. Alimentos. Salchichas. Especificaciones. Foods sausage. Specifications. Normas mexicanas. Dirección general de normas.

- NMX-FF-072-1990. Alimentos, especias y condimentos.
- NMX-FF-078-SCFI-2002. Productos pecuarios –carne de bovino en canal-clasificación.
- NORMA Oficial Mexicana NOM-122-SSA1-1994, Bienes y servicios. Productos de la carne. Productos cárnicos curados y cocidos, y curados emulsionados y cocidos. Especificaciones sanitarias.
- NORMA Oficial Mexicana NOM-194-SSA1-2004, Productos y servicios. Especificaciones sanitarias en los establecimientos dedicados al sacrificio y faenado de animales para abasto, almacenamiento, transporte y expendio. Especificaciones sanitarias de productos.
- NORMA Oficial Mexicana NOM-213-SSA1-2002, Productos y servicios. Productos cárnicos procesados. Especificaciones sanitarias. Métodos de prueba.
- Oña, B. C.M., Serrano, P.D. y Ortíz, L. M.A. (2013) Elaboración de preparados cárnicos frescos. Ed. IC. pp. 213-216.
- Pietrasik, Z. and Duda. Z. (2000) Effect of fat content and soy protein/carrageenan mix on the quality characteristics of comminuted, scalded sausages. Meat Sci. 65, 181-188.
- Price. J.F. y Schweigert, B. S. (1994) Ciencia de la carne y de los productos cárnicos. Ed. Acribia. España. pp.581.
- Secretaría de Comercio y Fomento Industrial (SECOFI), 2000. Elaboración de embutidos y productos cárnicos.
- Secretaría de Salud. Subsecretaría de regulación y fomento sanitario (SSA) (1994). Aplicación del análisis de riesgos, identificación y control de puntos críticos en la elaboración de productos cárnicos. México.
- Serrano, G. R. (2003) Introducción al análisis de datos experimentales. Editorial Universitat Jaume. pp 79-85.
- Swift, C.E., Lockett, C., Fryar, A.J. (1961) Comminuted meat emulsions - the capacity of meats for emulsifying fat. Food Technol. 15, 468-473.
- Torres, T. N, Tovar, P. A.R. (2009) La historia del uso de la soya en México, su valor nutricional y su efecto en la salud. Salud Pública.51, 246-254.
- USD-FDA. (1999) 21 CFR Pt 101 Food labeling: Health claims, soy protein and coronary heart disease. Food Reg. 64, p57700-57733.
- Wang, HL. Y Cavms JF. (1990) Yield and amino acid composition of fractions obtained during tofu production, Human Nutrition Highlights. . 2(90), American Soybean Association..

Wijeratne, B. (2005) Propiedades funcionales de la proteína de soya en un sistema de alimentos, Programa INTSOY (International Soybean Program), Universidad de Illinois.

Xiong, Y.L. (1997) Structure-Functionality relationships of muscle proteins. In Food proteins and their applications, Damoradan, S. and Paraf, A. (Eds.), Chap. 12, pp. 341-392. Marcel Dekker, Inc., NewYork.

<http://1.bp.blogspot.com>. Consultado el 25 de Abril del 2015.

<http://cnho.files.wordpress.com/2010/06/grupo-hemo-y-mioglobina.jpg>
Consultado el 18 de marzo del 2015.

<http://dspace.uah.es/> Consultado el 8 de Abril del 2015.

<http://ht.org.ar/histologia> Consultado el 8 de Abril del 2015.

<http://image.slidesharecdn.com> Consultado el 26 de Mayo del 2015.

<http://www.fao.org/ag/ags/gestion-poscosecha/carne-y-productos-carnicos/es/>
Consultado el 18 de marzo del 2015.

<http://www7.uc.cl> Consultado el 26 de Abril del 2015.

www.aces.uiuc.edu/asamex/proteina.html Consultado el 18 de octubre del 2014.

www.comecarne.org Consultado el 28 de Septiembre del 2015.

www.uaz.edu.mx Consultado el 24 de Septiembre del 2015.