



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA UNIDAD
IZTAPALAPA
DIVISIÓN DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y DE LA SALUD**

ESPECIALIZACIÓN EN BIOTECNOLOGÍA

**“EVALUACIÓN DEL EFECTO DEL ULTRASONIDO EN LA
FUNCIONALIDAD DE PROTEÍNAS EXTRAÍDAS DE
CHAPULÍN (*SPHENARIUM PURPURASCENS*)”**

TESIS

**QUE PRESENTA:
IA. CRUZ LÓPEZ SALVADOR OSVALDO
MATRICULA 2183801516**

**PARA OPTAR AL DIPLOMA DE ESPECIALISTA EN
BIOTECNOLOGÍA**

DIRECTORA: DRA. YENIZEY MERIT ÁLVAREZ CISNEROS

ASESOR: DR. HÉCTOR BERNARDO ESCALONA BUENDÍA

LECTORA: DRA. ANGÉLICA ROMÁN GUERRERO

Iztapalapa, Ciudad de México, julio 2020

Iztapalapa, Ciudad de México, julio 2020

EL comité Tutorial designado por la División de Ciencias Biológicas y de la Salud de la Unidad Iztapalapa aprobó la idónea comunicación de resultados del trabajo:

“Evaluación del efecto del ultrasonido en la funcionalidad de proteínas extraídas de chapulín (*Sphenarium purpurascens*)”

Que presentó:

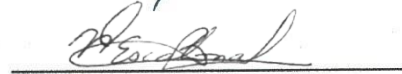
I.A. Cruz López Salvador Osvaldo

Comité Tutorial:

Directora: Dra. Yenizey Merit Álvarez Cisneros



Asesor: Dr. Héctor Bernardo Escalona Buendía



Lectora: Dra. Angélica Román Guerrero



Índice general

RESUMEN	10
1.- INTRODUCCIÓN	11
1.1.- Productos cárnicos cocidos listos para consumo	12
1.2.- Propiedades tecno-funcionales de las proteínas cárnicas.	13
1.2.1.- Propiedades de hidratación	14
1.2.2.- Propiedades de emulsificación	15
1.2.3.- Propiedades de gelificación	16
1.3.- Fuentes alternas de proteínas como extensores de carne	16
1.3.1.- Los insectos como fuente de proteína	17
1.3.1.1.- Sphenarium purpurancens	18
1.4.- Métodos de extracción de proteínas	19
1.4.1 Ultrasonido	20
1.5 Parámetros de calidad en Salchichas	21
1.5.1.- pH	21
1.5.2.- Actividad de agua (AW)	21
1.5.3.- Capacidad de emulsión	22
1.5.4.- Color	22
1.5.5.- Pruebas Reológicas	22
1.5.5.1.- Viscoelasticidad	23
1.5.5.2.- Textura	23
1. 5.6 Pruebas Sensoriales	25
2.- ANTECEDENTES	26
3.- JUSTIFICACIÓN	27
4.- HIPÓTESIS:	28
5.- OBJETIVOS	28
5.1.- Objetivo general	28
5.2.- Objetivos particulares	28
6.- METODOLOGÍA	29
6.1.- Metodología general:	29
6.2.- Obtención de la harina desgrasada de chapulín	30
6.3.- Determinación del pH óptimo de solubilidad	30
6.4 Determinación de las condiciones para extraer proteína soluble	30
6.5.- Evaluación de Métodos de extracción	31

6.5.1.- Extracción de proteína mediante Agitación _____	31
6.5.2.- Extracción de proteínas mediante Ultrasonido _____	31
6.5.2.1 Baño de Ultrasonido _____	31
6.5.2.2.- Ultrasonido piezoeléctrico _____	32
6.6 Evaluación de los extractos de proteína _____	32
6.6.1.- Determinación de azúcares Totales. _____	32
6.6.2.- Determinación de azúcares reductores _____	33
6.6.3.- Determinación de proteína total por micro Kjeldahl _____	33
6.7.- Elaboración del modelo cárnico cocido _____	34
6.8.- Propiedades funcionales _____	35
6.8.1- Estabilidad de emulsión _____	35
6.8.2.- Pérdidas por cocción _____	35
6.8.3.- Viscoelasticidad. _____	36
6.8.4- Textura _____	36
6.9.- Propiedades Fisicoquímicas _____	37
6.9.1.- Actividad de agua (A_w) _____	37
6.9.2.- pH _____	37
6.9.3.- Color _____	37
6.10.- Evaluación sensorial _____	37
6.11.- Análisis estadístico _____	38
7.- RESULTADOS Y ANÁLISIS DE RESULTADO. _____	38
7.1.- Porcentaje de grasa y proteína en harina de chapulín _____	38
7.2.- Determinación del pH óptimo de solubilidad _____	39
7.3.- Determinación de las condiciones para extraer proteína soluble _____	40
7.4.- Evaluación de los métodos de extracción de proteína soluble _____	42
7.5.- Evaluación fisicoquímica de los extractos de proteína soluble. _____	44
7.6.- Evaluación de las propiedades funcionales de extractos de proteína en salchichas. _____	45
7.6.1.- Estabilidad de emulsión. _____	45
7.6.2.- Pérdida de peso por cocción _____	46
7.6.3.- Viscoelasticidad _____	47
7.6.4- Textura _____	49

7.7.- Evaluación de las propiedades fisicoquímicas de salchichas _____	52
7.7.1.- Actividad de agua y pH _____	52
7.7.3 Color _____	53
7.7.4.- Proteína total _____	54
7.7.- Evaluación sensorial _____	54
7.7.1.- Prueba Check All That Apply _____	54
7.7.2.- Prueba de agrado general. _____	57
8.- CONCLUSIONES. _____	59
9.- BIBLIOGRAFÍA _____	60
ANEXOS _____	69
Anexo A: Cuantificación de proteína soluble _____	69
ANEXO B: Curva estándar de azúcares reductores y totales _____	70
ANEXO C: Análisis estadístico _____	71
Anexo D: Cuestionario prueba sensorial. _____	92
Anexo E: Gráficos de frecuencias pruebas sensoriales. _____	93
TRABAJOS PRESENTADOS EN CONGRESOS _____	95

Índice Graficos

Grafico 1: Cuantificación de proteína soluble (PSC) a diferentes pHs. Cada valor se expresa como la media (n=3) de PSC \pm la desviación estándar; los valores marcados con letras diferentes mostraron diferencias significativas ($p < 0.05$). _____	40
Gráfico 2: PSC en diferentes soluciones. Cada valor se expresa como la media (n=3) de PSC \pm la desviación estándar; los valores marcados con letras diferentes mostraron diferencias significativas ($p < 0.05$). _____	41
Gráfico 3: Comparación de métodos, respecto a PSC, así como el efecto del tiempo de agitación. Cada valor se expresa como la media (n=3) de PSC \pm la desviación estándar; los valores marcados con letras diferentes mostraron diferencias significativas ($p < 0.05$). _____	42
Gráfico 4: Comparación de métodos para extraer PSC y el efecto del tiempo. Cada valor se expresa como la media (n=3) de PSC \pm la desviación estándar; los valores marcados con letras diferentes mostraron diferencias significativas ($p < 0.05$). _____	44
Gráfico 5: Estabilidad de emulsión. Cada valor se expresa como la media (n=3) del total de fluidos expresables \pm la desviación estándar; los valores marcados con letras diferentes mostraron diferencias significativas entre las formulaciones ($p < 0.05$). ____	46
Gráfico 7: Evaluación del pH y Aw de los diferentes tratamientos Cada valor se expresa como la media de concentración de pH \pm la desviación estándar; los valores marcados con letras diferentes mostraron diferencias significativas ($p < 0.05$). _____	53
Gráfico 8: Proteína total en salchichas. Cada valor se expresa como la media (n=3) de concentración de proteína total \pm la desviación estándar; los valores marcados con letras diferentes mostraron diferencias significativas ($p < 0.05$). _____	54
Gráfico 9: Análisis factorial de correspondencias sabor-textura. _____	56
Gráfico 10: Análisis factorial de correspondencias Olor-Apariencia. _____	57
Gráfico 11: Escala hedónica: Los valores marcados con letras diferentes en la media de agrado indican diferencias significativas entre los tratamientos ($p < 0.05$). _____	58
Gráfico 12: Mapa de preferencias mediante un Análisis de componentes principales del nivel de agrado de jueces vs muestras. _____	59
Grafica A1: Curva tipo Bradford _____	69
Gráfico B2: Curva patrón para azúcares reductores (DNS). _____	70
Gráfico B3: Curva patrón para determinar azúcares totales. _____	70
Gráfico E1: Frecuencias para los descriptores sensoriales de apariencia. _____	93
Gráfico E2: Frecuencias para los descriptores sensoriales de olor. _____	93
Gráfico E3: Frecuencias para los descriptores sensoriales de sabor. _____	94
Gráfico E4: Frecuencias para los descriptores sensoriales de Textura. _____	94

Índice figuras y tablas

Figura 1. Principales propiedades funcionales en productos cárnicos (Hui, 2006).	14
Figura 2: Perfil de solubilidad para proteínas musculares en función de condiciones ambientales (pH, fuerza iónica, temperatura) (Totosaus, 2007).	15
Tabla 1: Clasificación del ultrasonido	20
Figura 3: Definiciones y análisis dimensional de los parámetros de la prueba de TPA (Bourne, 1982).	25
Figura 4. Metodología general del trabajo de investigación	30
Tabla 2: Formulaciones de salchichas utilizando concentrado de proteína de chapulín (agitación y ultrasonido) como extensor de carne.	34
Figura 5: Concentrados de proteína obtenidos a partir de chapulín con diferentes métodos de extracción.	45
Tabla 3: Características fisicoquímicas de los concentrados de proteína soluble.	45
Figura 6: Propiedades viscoelásticas de batidos cárnicos sin cocción A) utilizando PUP y B) utilizando PA como extensor a diferentes niveles.	50
Figura 7: Propiedades viscoelásticas de batidos cárnicos después de cocción A) utilizando PUP y B) utilizando PA como extensor a diferentes niveles.	50
Figura 8: viscosidad compleja de batidos cárnicos A) antes y B) después de cocción, utilizando PUP y PA como extensor a diferentes niveles.	50
Tabla 4: Análisis de perfil de textura en los diferentes tratamientos.	51
Tabla 5: Color de los diferentes tratamientos en escala CIE-LAB*	53
Tabla C1: Anova porcentaje de grasa en chapulín en diferentes tiempos.	71
Tabla C2: Test LSD Fisher porcentaje de grasa en chapulín en diferentes tiempos. (Análisis de las diferencias entre las categorías con un intervalo de confianza de 95%)	71
Tabla C3: Anova concentración de proteína en PDC a distintos pH	71
Tabla C4: Test LSD Fisher concentración de proteína en PDC a distintos pH. (Análisis de las diferencias entre las categorías con un intervalo de confianza de 95%)	72
Tabla C5: Anova dos vías con interacción tratamientos * tiempo (ácido ascórbico 10 mM, NaCl 1%, mezcla ácido ascórbico-NaCl, NaHCO ₃ 3%)	72
Tabla C6: Test LSD Fisher tratamientos * tiempo (ácido ascórbico 10 mM, NaCl 1%, mezcla ácido ascórbico-NaCl, NaHCO ₃ 3%) (Análisis de las diferencias entre las categorías con un intervalo de confianza de 95%)	72
Tabla C7: Anova dos vías con interacción tratamientos * tiempo (NaHCO ₃ 3% precipitado vs liofilizado)	74

Tabla C8: Test LSD Fisher tratamientos * tiempo (NaHCO ₃ 3% precipitado vs liofilizado) (Análisis de las diferencias entre las categorías con un intervalo de confianza de 95%)	74
Tabla C9: Anova con interacción tratamientos * tiempo (PUP, PA, PBU)	74
Tabla C10: Test LSD Fisher tratamientos * tiempo (PUP, PA, PBU) (Análisis de las diferencias entre las categorías con un intervalo de confianza de 95%)	75
Tabla C11: Anova para porcentaje de proteína total en PUP y PA obtenidos a partir de PDC.	76
Tabla C12: Test LSD Fisher para porcentaje de proteína total en PUP y PA obtenidos a partir de PDC.	76
Tabla C13: Anova para azúcares reductores en PUP y PA obtenidos a partir de PDC.	76
Tabla C14: Test LSD Fisher para azúcares reductores en PUP y PA obtenidos a partir de PDC.	76
Tabla C15: Anova para azúcares totales en PUP y PA obtenidos a partir de PDC.	77
Tabla C16: Test LSD Fisher para azúcares totales en PUP y PA obtenidos a partir de PDC.	77
Tabla C17: Anova para actividad de agua en PUP y PA obtenidos a partir de PDC.	77
Tabla C18: Test LSD Fisher para actividad de agua en PUP y PA obtenidos a partir de PDC.	77
Tabla C19: Anova para luminosidad (L*) en PUP y PA obtenidos a partir de PDC.	77
Tabla C20: Test LSD Fisher para luminosidad (L*) en PUP y PA obtenidos a partir de PDC.	78
Tabla C21: Anova para (a*) en PUP y PA obtenidos a partir de PDC.	78
Tabla C22: Test LSD Fisher para (a*) en PUP y PA obtenidos a partir de PDC.	78
Tabla C23: Anova para (b*) en PUP y PA obtenidos a partir de PDC.	79
Tabla C24: Test LSD Fisher para (b*) en PUP y PA obtenidos a partir de PDC.	79
Tabla C25: Anova para estabilidad de la emulsión con PUP y PA como extensor.	79
Tabla C26: Test LSD Fisher para estabilidad de la emulsión con PUP y PA como extensor	79
Tabla C27: Anova para % de pérdidas por cocción de la emulsión con PUP y PA como extensor	80
Tabla C28: Test LSD Fisher para % de pérdidas por cocción de la emulsión con PUP y PA como extensor	80
Tabla C29: Anova para actividad de agua con PUP y PA como extensor	81
Tabla C30: Test LSD Fisher para actividad de agua con PUP y PA como extensor	81
Tabla C31: Anova para pH con PUP y PA como extensor.	81
Tabla C32: Test LSD Fisher para pH con PUP y PA como extensor	82
Tabla C33: Anova para L* en salchichas con PUP y PA como extensor	82

Tabla C34: Test LSD Fisher para L* en salchichas con PUP y PA como extensor _____	83
Tabla C35: Anova para a* en salchichas con PUP y PA como extensor _____	83
Tabla C36: Test LSD Fisher para a* en salchichas con PUP y PA como extensor _____	83
Tabla C37: Anova para b* en salchichas con PUP y PA como extensor _____	84
Tabla C38: Test LSD Fisher para b* en salchichas con PUP y PA como extensor _____	84
Tabla C39: Anova para dureza en salchichas con PUP y PA como extensor _____	85
Tabla C40: Test LSD Fisher para dureza en salchichas con PUP y PA como extensor. ____	85
Tabla C41: Anova para Cohesividad en salchichas con PUP y PA como extensor. _____	86
Tabla C42: Test LSD Fisher para Cohesividad en salchichas con PUP y PA como extensor.	86
Tabla C43: Anova para Fracturabilidad en salchichas con PUP y PA como extensor. _____	86
Tabla C44: Test LSD Fisher para Fracturabilidad en salchichas con PUP y PA como extensor. _____	87
Tabla C45: Anova para Elasticidad en salchichas con PUP y PA como extensor. _____	87
Tabla C46: Test LSD Fisher para Elasticidad en salchichas con PUP y PA como extensor.	87
Tabla C47: Anova para Adhesividad en salchichas con PUP y PA como extensor. _____	88
Tabla C48: Test LSD Fisher para Adhesividad en salchichas con PUP y PA como extensor.	88
Tabla C49: Anova para firmeza en salchichas con PUP y PA como extensor. _____	89
Tabla C50: Test LSD Fisher para firmeza en salchichas con PUP y PA como extensor. ____	89
Tabla C51: Anova para masticabilidad en salchichas con PUP y PA como extensor. _____	90
Tabla C52: Test LSD Fisher para masticabilidad en salchichas con PUP y PA como extensor. _____	90
Tabla C53: Friedman para determinar diferencias significativas en en salchichas con PUP y PA como extensor utilizando escala hedónica. _____	90

RESUMEN

Las proteínas cárnicas son importantes en la dieta del ser humano por sus propiedades nutricionales, además de presentar características tecno-funcionales para la elaboración de productos cárnicos. Sin embargo, existe un creciente interés por utilizar otras fuentes alternas de menor costo y con propiedades funcionales similares como pueden ser las proteínas de los insectos, ya que tienen un alto potencial para ser utilizadas como gelificantes o texturizantes en la industria de alimentos, y la capacidad de formar geles en función de su concentración y pH.

En el presente trabajo tuvo como objetivo evaluar diferentes métodos de extracción de proteína a partir de chapulín (*Sphenarium purpurascens*) y caracterizar sus propiedades fisicoquímicas y tecno-funcionales como extensor en salchichas. La metodología utilizada consistió en extraer la proteína soluble (PSC) a partir de harina desengrasada de chapulín (PDC) por métodos de agitación y sonicación; y se evaluó proteína total, color, actividad de agua, azúcares totales y reductores. La PSC se incorporó a un producto cárnico cocido (salchichas) en diferentes concentraciones como sustituto parcial de carne (extensor) y se evaluó la estabilidad de emulsión, pérdida de peso y pruebas reológicas antes y después de la cocción. Una vez obtenidas las salchichas se les evaluó pH, color, textura, actividad de agua, proteína total y pruebas sensoriales (CATA y pruebas de agrado).

Los resultados obtenidos indican que la proteína extraída con sonicación presentó mejores propiedades tecno-funcionales a niveles de 5 y 10% de sustitución en comparación con el método de agitación; además los resultados se equiparan al control (100% carne). Así mismo a niveles de 5% de sustitución no se encuentran diferencias entre la muestra control a nivel de agrado global. La proteína en estudio puede ser considerada un extensor en salchichas, y con aceptabilidad media por los consumidores, aunque otros estudios deben llevarse a cabo para lograr un mejor agrado por parte de los consumidores.

1.- INTRODUCCIÓN

La proteína cárnica es parte primordial de una dieta equilibrada por ser fuente de aminoácidos, vitaminas y minerales esenciales para el desarrollo humano. A nivel mundial, al cierre del 2018 se alcanzaron los 65 kg per cápita, posicionando a México en el sexto lugar con más de 8.5 millones de toneladas de carne de res, cerdo y pollo consumidas al año. Así mismo, figura como un importante productor de cárnicos, ocupando la séptima posición con más de 6.7 millones de toneladas producidas anualmente.

En todos los Estados de la República se produce carne de diferentes especies, sin embargo, hay Estados que son líderes en la producción nacional de cárnicos como lo es el caso de Veracruz y Jalisco en carne de res y de pollo, así como el caso de Jalisco y Sonora que son líderes en la carne de cerdo (Bazan, 2019).

Los productos cárnicos son todos aquellos que están elaborados a partir de carne y/o vísceras comestibles de animales de abasto (aves, puerco, res, etc.). Son sistemas complejos que están formados por varios componentes, en el que se incluyen proteínas, grasas, carbohidratos y sales minerales; los cuales, por sus propiedades tecnológicas, contribuyen a las características finales del producto, tales como apariencia, tamaño, textura, consistencia, viscosidad y palatabilidad (Apango, 2013). A lo largo del tiempo, se han desarrollado una gran variedad de productos cárnicos elaborados o semielaborados con diferentes características sensoriales, pese a la diversidad de formas y sabores, muchos de estos productos comparten similitudes en sus tecnologías de elaboración. La NOM-213-SSA1- 2018 clasifica a los productos cárnicos, de acuerdo a su procesamiento en: producto cárnico cocido listo para el consumo (jamón cocido, salchichas cocidas o en salmuera, mortadelas y patés), productos cárnicos crudos listos para consumo (jamón serrano, carnes secas, y pepperoni), productos cárnicos crudos no listos para el consumo humano (arracheras marinadas, hamburguesas crudas, chorizos y longanizas), productos cárnicos curados, productos cárnicos desecados, secos o salados, productos cárnicos pre-cocidos (nuggets, pechugas pre-cocidas, alitas

pre-cocidas), productos cárnicos madurados (jamón serrano, salami y salchichón), y productos cárnicos procesados.

En México las carnes frías fueron el producto cárnico más consumido en 2018 con 974 mil toneladas, y una producción anual de 964 mil toneladas de las cuales 290 mil toneladas son de salchichas de pavo y 194 jamón de pavo, 211 mil de jamones de carnes rojas y 269 mil otras carnes frías (32 chorizo y longaniza, 26 mortadela, 13 queso de puerco, 173 otras salchichas y 25 tocino) (Bazan, 2019).

1.1.- Productos cárnicos cocidos listos para consumo

Uno de los productos elaborados dentro de esta clasificación son las salchichas, definida de acuerdo a la norma NMX-F-065-1984 como un producto alimenticio embutido de pasta semifirme de color característico, elaborado con la mezcla de carne (60 % mínimo) de ternera o res y cerdo y grasas de las especies antes mencionadas, adicionando condimentos, especias y aditivos para alimentos, sometidos a curación pudiendo ser ahumados o no, sometidos a cocción y enfriamiento, empacados en material adecuado para su distribución y conservación en refrigeración.

Hay cuatro pasos en la elaboración de una salchicha, estos son: i) extracción de las proteínas; ii) hidratación y activación de las proteínas; iii) formación de la emulsión; y iv) formación de gel un mediante el cocimiento del batido cárnico (Terrell, 1980).

En el primer paso, se escoge el tipo de carne para elaborar la salchicha, es decir tipo de músculo (principalmente esquelético o parte de no esquelético) y tipo de fibra (rojas o blancas) (Stanley y Tung, 1976). La reducción de tamaño que tiene lugar primero en el molino y después en la *cutter* para liberar a las proteínas musculares (miofibrilares, sarcoplásmicas y del tejido conectivo). En el segundo paso durante la hidratación y activación de estas proteínas la sal (NaCl) es adicionada a la formulación, seguido de nitrito de sodio, fosfatos y de una parte de hielo. La agitación mecánica termina de romper el tejido y solubilizar las proteínas, activándolas mediante las cargas de los iones de la sal (Mangino, 1994) e inicia la formación de una red que aumenta su viscosidad y se carga electrostáticamente,

presentando zonas hidrofílicas e hidrofóbicas (Terrell, 1980). El tercer paso es la formación de la emulsión. Aquí se añade la grasa y otra parte de hielo para controlar la temperatura que debe estar entre los 8-12°C. La agitación mecánica de la *cutter* dispersa finos glóbulos de grasa que son atrapados en la matriz de proteína cárnica (Wirth, 1992). La temperatura es el factor más importante para obtener una emulsión estable antes y durante la cocción y es función del tiempo de mezclado. Debido al tamaño de partícula que se maneja en este sistema, el término "batido cárnico" es más adecuado que el de "emulsión cárnica". El cuarto paso es la cocción del batido, en el que se incorpora el resto de los ingredientes secos (edulcorantes, proteínas no cárnicas, etcétera) y el resto de hielo mediante agitación mecánica. La restricción física del batido (embutido) dará forma al producto, permitiendo una adecuada transmisión de calor en el producto. La temperatura aplicada al batido hace que se forme el gel, y se obtenga el producto cárnico conocido como salchicha.

1.2.- Propiedades tecno-funcionales de las proteínas cárnicas.

Las proteínas son biomoléculas formadas de aminoácidos unidos mediante enlaces peptídicos (Luque, s.f.), son esenciales en la dieta humana y presentan propiedades tecno-funcionales que les permite ser incorporadas como hidrocoloides en productos procesados para mejorar sus características organolépticas y en algunos casos reducir costos. Las propiedades tecno- funcionales han sido definidas como cualquier propiedad fisicoquímica de las proteínas, que afecta el comportamiento y las características de los alimentos en los cuales se encuentran o son agregadas y que contribuyen a la calidad final del producto (Fennema, 1996; Damodaran, 1997).

Las proteínas cárnicas presentan propiedades tecno-funcionales como capacidad de hidratación, emulsificación y gelificación (Figura 1) que permiten en conjunto obtener un producto con características fisicoquímicas y sensoriales aceptables.

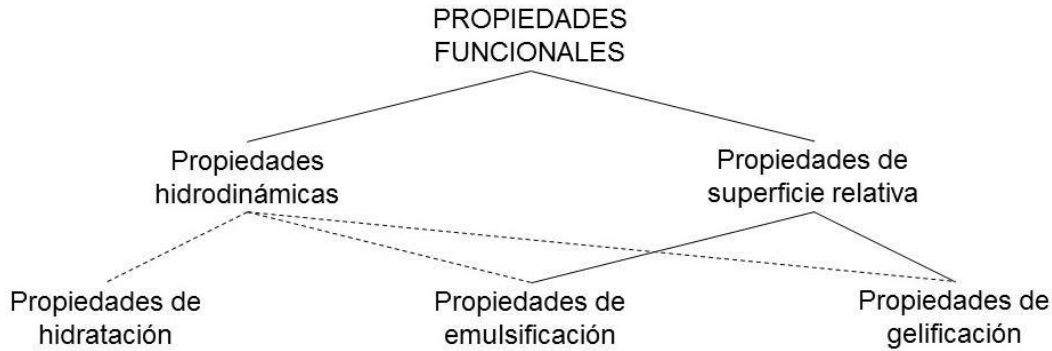


Figura 1. Principales propiedades funcionales en productos cárnicos (Hui, 2006).

1.2.1.- Propiedades de hidratación

El primer paso para lograr la solubilización de las proteínas es su hidratación. Esta depende de los puentes de hidrógeno formados, debido a diferencias entre los aminoácidos polares y no polares, el pH, la fuerza iónica y temperatura.

La **solubilidad** es la propiedad funcional más importante en alimentos, tanto si se busca aumentarla como si se desea evitarla. Sin embargo, debido a su tamaño, las proteínas no forman soluciones en el sentido estricto, si no suspensiones o soles. En muchos casos, como en productos cárnicos emulsionados, la proteína debe ser soluble para ser funcional (Hall, 1996).

La superficie de una proteína soluble en agua está cubierta por aminoácidos polares que favorecen la interacción con el agua, las proteínas insolubles en agua tienen más grupos hidrófobos en la superficie (Creighton, 1993)

La **capacidad de retención de agua** es la propiedad fundamental en carne y productos cárnicos, ya que se relaciona con la jugosidad y la ternura.

El músculo está constituido por agua, proteínas, carbohidratos, minerales y vitaminas, siendo el mayor componente del músculo el agua; en tejidos magros el contenido de agua es cercano al 75% de su peso, de la cual casi el 80-85% está localizada dentro de la matriz proteica (en el interior de los filamentos del sarcómero, llamada agua intramiofibrilar (Leal y Jimenez., 2015). El agua intramiofibrilar existe de 2 formas un enlazada fuertemente a la matriz proteica y la

otra de forma libre. La retención de agua mide el agua libre y parte del agua absorbida.

El complejo de proteínas actina-miosina presentes en los filamentos del sarcómero se asocian por cargas y al aumentar las concentraciones de sal, los iones sodio y el cloro se unen a los grupos cargados de las proteínas ayudando a la solubilización y debilitando el complejo actina-miosina, lo que permite que absorba y tenga una mejor capacidad de retención de agua debido a que hay menos interacciones proteína-proteína y más interacciones proteína-agua (Vojdani, 1996).

Estas propiedades se ven afectadas en un producto cárnico por factores como sal, pH y temperatura como se observa en la Figura 2.

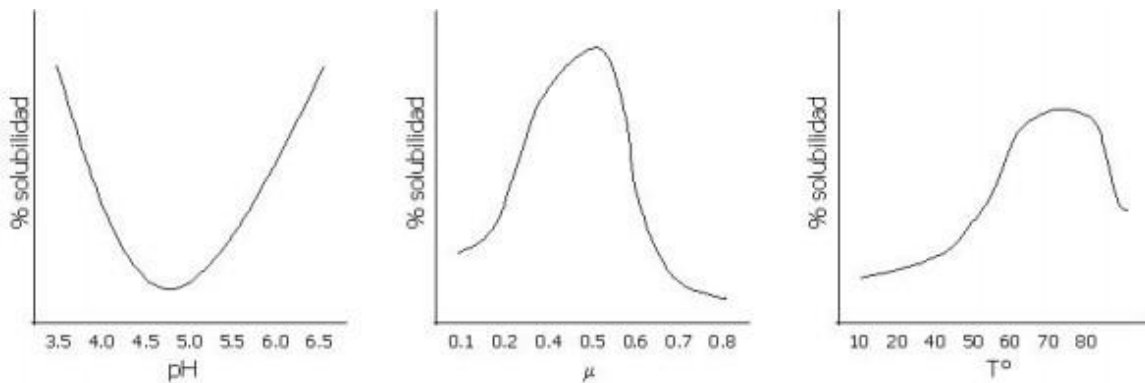


Figura 2: Perfil de solubilidad para proteínas musculares en función de condiciones ambientales (pH, fuerza iónica, temperatura) (Totosaus, 2007).

1.2.2.- Propiedades de emulsificación

Propiedades de superficie, que dependen de la interacción de la proteína con dos fases inmiscibles (agua/aceite y agua/aire) y son la emulsificación, espumado y formación de película lipoproteica capaz de enlazar lípidos.

La **emulsión** se define como sistemas donde las gotas de un líquido inmiscible se dispersan (fase discontinua) en otro líquido que lo rodea (fase continua), son importantes en muchas aplicaciones diferentes, que van desde la recuperación de petróleo, pasando por cosméticos y productos farmacéuticos, a aplicaciones alimenticias (Aaen., y col. 2018). Si la fase dispersa es grasa, el sistema forma

una emulsión de aceite en agua, si la fase dispersa es agua el sistema es agua en aceite. (Smith y Culberson, 2000). Aunque hay algunas emulsiones naturales como la leche y la yema de huevo, la industria alimentaria fabrica emulsiones como embutidos emulsionados como salchichas, Boloña, pasteles, etc. En estos, la matriz de la emulsión (fase continua) está fundamentalmente compuesta de agua y proteínas solubilizadas por efecto de la adición de sal, formando una solución salina de baja fuerza iónica que extrae fácilmente a las proteínas miofibrilares (emulsificantes) y a las proteínas sarcoplasmáticas. En la fase continua también están presentes sales y otros compuestos responsables del sabor, la extensión del producto y la cohesión, y la fase dispersa está constituida por grasa (Guerrero y col., 2002).

1.2.3.- Propiedades de gelificación

Propiedades que dependen de la interacción proteína-proteína y son aquellas como la gelificación,

La **gelificación** es la formación de una red tridimensional que embebe un solvente acuoso, principalmente agua inmovilizada dentro de una matriz proteica (Barbut, 1994).

Las características y calidad de muchos productos cárnicos se determinan por la calidad de los geles proteicos formados durante el procesamiento. Los atributos texturales, rendimiento, la calidad y otras características sensoriales se deben a la formación de geles como es el caso de los embutidos emulsionados (Wirth, 1992).

1.3.- Fuentes alternas de proteínas como extensores de carne

Tradicionalmente y con la finalidad de reducir los costos de producción en la formulación de los productos cárnicos, se han introducido algunas sustancias, denominadas “extensores”, cuyo objetivo es sustituir una parte de la carne, ofreciendo el aporte proteico y funcional adecuado (Andújar, y col. 2000). Los ligadores, al igual que los extensores, buscan aumentar los valores nutricionales y funcionales de los productos finales; generalmente, se basan en harinas, féculas o almidones. Son materiales, que sólo ocupan el lugar de la carne, ligando una

cantidad de agua considerable, pero sin un aporte proteico. Estos extensores cárnicos tienen propiedades funcionales, tales como la retención de agua, la emulsificación de grasas y la gelificación, importantes desde el punto de vista tecnológico (Hleap, y col. 20015).

Algunas proteínas utilizadas como extensores son concentrados de proteína de soya utilizadas en jamones cocidos de alto rendimiento en sustituciones del 2%. Mitsyk y Mikhailovky (1982) indican que 3% de proteína de chícharos en sustitución de carne en un producto cárnico, tiene propiedades nutricionales similares a un producto elaborado con harina de soya. Castrillón (1996) estudió el comportamiento de la harina de amaranto como sustituto de la harina de trigo en productos cárnicos de pasta fina (mortadella y salchicha), obteniendo productos con el 100 % de sustitución de la harina de trigo sin que se viese afectada la calidad sensorial y nutricional de dichos productos. Hleap, y col. 2015, aplicaron quitosano como extensor, en productos emulsionados, derivados de la carne y del pescado. Otras fuentes importantes de proteína son las obtenidas a partir de insectos, las cuales no han sido estudiadas ampliamente, pero la tendencia de su estudio está creciendo en los últimos años.

1.3.1.- Los insectos como fuente de proteína

En México se han registrado alrededor de 549 especies de insectos comestibles y en las comunidades rurales se utilizan como fuente de alimentación, además de atribuirles propiedades medicinales y bioactivas, por la relación co-evolutiva que tienen con las plantas. Los insectos comestibles se encuentran ampliamente distribuidos en el sureste de México, encontrándose diferentes especies de acuerdo a la región, clima y temperatura de desarrollo. Además, se ha demostrado que los insectos son una fuente rica en proteínas (13 a 77 %, de acuerdo a su etapa de metamorfosis), lípidos (24 a 67 %), fibra, sales minerales, calcio, vitaminas del grupo B y son una fuente importante de magnesio; además, en estado de larva, proporcionan calorías de gran calidad, ya que están conformadas por ácidos grasos poliinsaturados (Ramos-Elorduy y col., 2012).

Los insectos, en su conjunto, representan la mayor biomasa animal del planeta. Ellos pesan más que todos los animales juntos, y en cualquier ecosistema constituyen una fuente de proteína animal. Su valor nutritivo los convierte en un alimento complejo, su masa corporal está compuesta entre el 60 y 70 % por proteínas y el tipo de grasas que poseen son polinsaturadas, algunas de fácil digestión, pudiéndose comparar con el valor nutricional del pollo, res o cerdo. Esta biomasa ha sido considerada por el fondo de las Naciones Unidas para la alimentación como una fuente nutricional de alto valor biológico. (Arango, 2015).

La FAO ha sugerido que una forma de contrarrestar el hambre es con la incorporación de insectos a la dieta, ya sea de forma individual o incorporados en algún producto, debido a que los insectos pueden ser una fuente importante de proteínas de buena calidad como las que contiene la carne y el pescado, pero por un menor precio. Se ha analizado que 100 gramos de carne de res contienen de

54 a 57% de proteína, mientras que 100 gramos de chapulines, por ejemplo, contienen de 62 a 75% (Van Huis y col., 2013). Por lo tanto, los insectos pueden constituir una muy buena opción alimenticia no solamente por su contenido de proteínas y abundancia en la naturaleza, sino por otras tantas ventajas como: su elevada digestibilidad, fáciles de capturar y sin necesidad de refrigerarlos se conservan en buen estado y no pierden su valor nutritivo, puesto que por sí mismos generan sustancias antibióticas que los protegen mientras están vivos y, una vez capturados, no permiten su descomposición si se conservan en seco (Aguilar, 2013). Por otra parte, todos los trabajos enfocados en insectos, se inclinan hacia la parte gastronómica o nutricional, y muy pocos trabajos se han reportado en el estudio de la funcionalidad de sus proteínas.

1.3.1.1.- *Sphenarium purpurancens*

Sphenarium purpurascens es un saltamontes emblemático de la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel, pertenece a la familia *Pyrgomorphidae* del suborden *Caelifera* y sus primeros registros fósiles datan del Cretácico temprano. En el continente Americano, la familia está representada por cuatro tribus de

ortópteros exclusivamente tropicales, una de ellas es *Sphenariini* que comprende a la subtribu *Sphenariina* en la cual está asentada la especie *Sphenarium purpurascens* descrita en 1842 por Charpentier (Castellanos-Vargas y Cano- Santana, 2009).

En México es el ortóptero más abundante y presenta una distribución geográfica muy amplia que comprende el centro, sur y occidente en estados como Oaxaca, Guerrero, Michoacán, Jalisco, Veracruz, Puebla, Tlaxcala, Hidalgo, Morelos, Distrito Federal, Estado de México, Chiapas y Tabasco, y comúnmente se le conoce como “saltamontes” o “chapulín de la milpa” ya que es abundante en agroecosistemas donde se cultiva el maíz (Serrano-Limón y Ramos-Elorduy, 1989). Sin embargo, este insecto es responsable de los altos niveles de daños florales y foliares que experimentan varias plantas como resultado de su actividad alimentaria y durante la época de lluvias constituye un abundante recurso alimentario para mamíferos.

Algunos parámetros analizados por cada 100g de base seca de *Sphenarium purpurascens* son: 57 g proteína, 5.23 g cenizas, 10 g fibra cruda, 51.85 mg aminoácidos esenciales, 52.14 mg aminoácidos no esenciales, 0.780 g sodio, 0.299 g potasio, 0.137 g calcio, 0.049 g zinc, 0.019 g de hierro y 0.589 g de magnesio, 0.27 mg tiamina, 0.59 mg riboflavina, 1.56 mg niacina y 1870.37 kJ de contenido energético (equiparable con la carne de res 1735.94 kJ) (Ramos- Elorduy, 2012). Debido a su valor nutricional, los chapulines constituyen en diversas zonas rurales de México un recurso natural renovable que contribuye a la alimentación con nutrientes de calidad, en especial los aminoácidos esenciales carentes en sus dietas por los altos costos que tiene la carne.

1.4.- Métodos de extracción de proteínas

La extracción de proteínas es utilizada para diversos fines, los cuales pueden ser investigación, la escala es reducida y es más importante la pureza que el rendimiento o para uso industrial donde se requiere gran cantidad, bajo costo y menor pureza.

En la bibliografía se reportan diferentes métodos de extracción de proteínas, los cuales pueden ser agrupados en dos grupos principales: 1) Extracción por precipitación por efecto de sales (*salting-in, salting-out*), y variación de pH (punto isoelectrico), solventes orgánicos, desnaturalización por calor y 2) métodos mecánicos como la ultrafiltración, diálisis y ultrasonificación. La utilización de este último método esta en tendencia por su fácil operación, rapidez y una mejora en la obtención de proteína comparada con otros métodos solos o combinados.

1.4.1 Ultrasonido

La extracción asistida por ultrasonido se usa para aislar compuestos. Ciertos beneficios en términos de penetración del disolvente surgen del uso de ultrasonidos en componentes de los alimentos, incluyendo la intensificación de transferencia de masa y efectos capilares. La extracción también podría mejorarse debido al colapso de las burbujas formadas por el efecto de cavitación. La tasa de extracción y el rendimiento pueden mejorarse mediante la combinación óptima de variables de ultrasonidos, como la intensidad y el tiempo. (Corona-Jimenez, y col., 2016).

Los ultrasonidos han sido utilizados, a intensidades bajas y frecuencias altas, para analizar la estructura y composición de los alimentos mientras que la aplicación de alta intensidad y baja frecuencia, para modificar ingredientes (Tabla 1).

Tabla 1: Clasificación del ultrasonido

ULTRASONIDO	Alta intensidad 18-100 KHz Procesamiento o estabilización de alimentos	<ul style="list-style-type: none"> • Rompimiento celular • Permeabilización de la membrana celular • Cambios estructurales y fisicoquímicos • Homogenización de emulsiones
	Baja intensidad >100 KHz Diagnóstico, control de calidad, fenómenos de relajación	<ul style="list-style-type: none"> • Ecografías • Aplicaciones terapéuticas

Fuente: Weiss y col., 2011

El ultrasonido es generado por una corriente eléctrica que se transforma mediante transductores, los más empleados son: transductores conducidos por líquidos (baños ultrasónicos) y piezoeléctricos, estos últimos transductores son los más empleados para la generación de sonido y tienen cerca del 95% de eficiencia y pueden operar en todo el intervalo ultrasónico (Robles-Ozuna y col., 2012; Arzeni, 2014).

Los ultrasonidos contribuyen a una mejora en las extracciones de proteínas debido a que los procedimientos de extracción suelen comprender una fase de calentamiento y/o agitación, lo que puede ser sustituido con ultrasonidos, ya que la energía generada con el colapso de las burbujas de cavitación favorecería la penetración del solvente, a la vez que incrementa la temperatura de la muestra y provoca una constante agitación, y por tanto el intercambio de materia se ve favorecido (Knorr, 2003; Li, y col., 2004; Yang, 2003).

1.5 Parámetros de calidad en Salchichas

1.5.1.- pH

El pH es una medida de acidez o alcalinidad de una disolución. El pH indica la concentración de iones de hidrógeno presentes en determinadas disoluciones. (Raymond y Kenneth, 2013). En productos cárnicos el pH debe ser cercanos a 6.0 durante la elaboración, ya que en esta condición se aumenta la solubilidad de las proteínas cárnicas y mejoran las interacciones proteína-agua obteniendo una mejor capacidad de retención de agua y mejor estabilidad en la emulsión cárnica, si se obtiene un pH menor (pH 5.5) las proteínas de la carne están cercanas a su punto isoeléctrico y pierden su funcionalidad, por lo que la emulsión se ve afectada y en la mayoría de los casos provoca que no se obtenga un producto final. (Totosaus, 2007)

1.5.2.- Actividad de agua (AW)

Se refiere a toda el agua que contiene el alimento sin considerar que la mayoría de los alimentos tiene zonas o regiones microscópicas que debido a altas concentraciones de lípidos o grasas no permiten la presencia del agua obligando a

distribuirse en forma heterogénea a través del producto. La actividad del agua determina el grado de interacción del agua en los demás constituyentes de los alimentos y en una forma indirecta del agua disponible para llevar a cabo diferentes reacciones como el crecimiento microbiano (Fennema, 2010).

1.5.3.- Capacidad de emulsión

La capacidad de emulsión (habilidad de unir grasa) es diferente de acuerdo al tipo de músculo, teniendo influencia directa sobre la estabilidad de emulsión, que vendría a ser el desempeño de la red proteína/agua/grasa bajo presión. Esto aunado a las diferentes capacidades de los componentes de las proteínas musculares miofibrilares, especialmente miosina, de emulsificar grasa en comparación con las sarcoplásmicas, determina la estabilidad de la emulsión (Terrel, 1980). Por lo tanto, a bajas capacidades de emulsión menores rendimientos y más separación de grasa.

1.5.4.- Color

Un espacio de color puede ser descrito como un método para expresar el color de un objeto usando algún tipo de anotación, como pueden ser los números. La Commission Internationale de l'Éclairage (CIE) es considerada como la autoridad en la ciencia de la luz y el color, ha definido espacios de color, incluyendo CIE XYZ, CIE L*a*b*, y CIE L*u*v*, para comunicar y expresar el color objetivamente.

El espacio de color L*a*b*, también referido como CIELAB, es actualmente uno de los espacios de color más populares y uniformes usados para evaluar el color de un objeto, debido a que correlaciona los valores numéricos de color con la percepción visual humana. Donde: L* indica la luminosidad, a* indica coordenadas rojo/verde (+a indica rojo, -a indica verde) y b* las coordenadas amarillo/azul (+b indica amarillo, -b indica azul). Los instrumentos utilizados en la medición de color son el espectrofotómetro y el colorímetro (Konica minolta, 2014).

1.5.5.- Pruebas Reológicas

La reología es una ciencia que estudia la relación entre el esfuerzo y la deformación de aquellos materiales que poseen la capacidad de fluir y proviene de las raíces griegas 'rheo' (flujo) y 'logos' (estudio). El estudio del comportamiento

reológico contribuye al conocimiento de la estructura del material, control de los procesos y diseño de maquinaria y dispositivos que se adecúen a las características de los productos. Esta ciencia no sólo evalúa el comportamiento de los líquidos que fluyen, sino que también la deformación de los sólidos, ya que estos, al sufrir una deformación suficientemente grande, pueden llegar a fluir (Mezger, 2011). Las propiedades reológicas que se pueden analizar al incorporar un extensor a un alimento son cambios en la viscosidad y en la textura.

1.5.5.1.- Viscoelasticidad

El comportamiento de todos los materiales se basa en la combinación de sus comportamientos viscosos y elásticos, lo que se conoce como viscoelasticidad. La deformación elástica es instantánea, es decir, es la deformación que ocurre en el mismo instante que se aplica el esfuerzo y al eliminar el esfuerzo, la deformación se recupera en su totalidad. En un material con el comportamiento totalmente viscoso, su deformación depende del tiempo y la deformación no es reversible. Entre estos dos tipos de comportamiento frente al esfuerzo están los materiales viscoelásticos, en los que se presenta una deformación instantánea seguida de una deformación viscosa dependiente del tiempo (Callister y Rethwisch 2006).

Así, en un fluido viscoelástico se tendrán dos módulos, un primer módulo G' , denominado módulo elástico o módulo de almacenamiento, y un segundo módulo G'' conocido como módulo de pérdida o viscoso.

El módulo G' coincide con el módulo de Young de la teoría de la elasticidad de Hooke, indicando la energía usada en la deformación elástica, que es almacenada. El módulo G'' nos muestra la medida de la energía que se ha destinado a la deformación durante el proceso de cizalla. Como la deformación de un cuerpo viscoso no era reversible, esta energía se perderá, por lo que se conoce como módulo de pérdida (Mezger, 2011).

1.5.5.2.- Textura

La textura se define como la manifestación sensorial y funcional de las propiedades estructurales, mecánicas y de superficie de los alimentos detectados

a través de los sentidos de la vista, la audición, el tacto y la cinestésica (Saavedra e Isuiza, 2018).

Los seres humanos emplean diferentes fuerzas de masticación dependiendo de las características de textura del alimento evaluado, por lo que son necesarios diversos métodos para analizar la textura de un alimento. Las técnicas para analizar la textura en productos cárnicos son realizados por un panel de jueces entrenados (Tomberg, 1996) y/o instrumentalmente por el análisis de perfil de textura.

El análisis de perfil de textura (TPA por sus siglas en inglés) es un procedimiento instrumental para medir, cuantificar y desarrollar nuevos parámetros relacionados con la textura, aunque la magnitud de estos parámetros será influenciada por las variables introducidas en las mediciones como la tasa de deformación (Peleg, 1976), y la estandarización de las condiciones de estudio para obtener información objetiva y comparable.

La evaluación de dicho parámetro es empleada en el desarrollo de nuevos alimentos, en el mejoramiento de los existentes, en el control de los procesos de elaboración y en el control de calidad, ya que muchas de las propiedades de textura en los alimentos como la firmeza, dureza, terneza, etc., están directamente relacionadas con las propiedades mecánicas de los alimentos, (Lu y Chen, 1998). Para determinar las propiedades de textura de los alimentos se utiliza el TPA que consiste en una prueba de doble compresión en la que se obtiene la fuerza que debe aplicarse a un alimento al momento de ser masticado, y simula el esfuerzo de la mandíbula al morder, Texture technologies (S/F). los parámetros se pueden observar en la Figura 3.

Parámetro	Descripción	Variable	Unidades
Dureza	Fuerza registrada durante la primera compresión, definida como la fuerza necesaria para alcanzar una deformación dada.	Fuerza	Kg*m/s ²
Cohesividad	Relación del área de fuerza positiva durante la segunda compresión entre el área de la primera compresión (área 1/área 2).	Relación	Adimensional
Elasticidad	Altura que recobra la muestra durante el periodo de tiempo entre la primera compresión y el inicio de la segunda. Es definida como la tasa relativa a la cual un material regresa a su condición original antes de ser reformada (Distancia 2/ distancia 1)	Distancia	mm
Adhesividad	Área de fuerza negativa (área 3), siendo el resultado del trabajo necesario para sobreponer las fuerzas atractivas entre la superficie de la muestra y la sonda.	Trabajo	Kg*m ² /s ²
Masticabilidad	Es la energía requerida para masticar un alimento	Trabajo	Kg*m ² /s ²
Fracturabilidad	Es la fuerza necesaria a la que se le aplica a la muestra hasta el momento de una fractura.	Fuerza	Kg*m/s ¹

Figura 3: Definiciones y análisis dimensional de los parámetros de la prueba de TPA (Bourne, 1982).

1. 5.6 Pruebas Sensoriales

La industria de alimentos tiene como fin cumplir las preferencias de los consumidores. La evaluación sensorial analiza y estudia cómo los productos, los gustos y las preferencias son percibidos por los cinco sentidos (Sidel y Stone, 1993). Para poder cuantificar las percepciones y medir las respuestas de los consumidores se utilizan escalas para realizar el análisis sensorial (Meilgaard y col., 1999). Una escala es un sistema que envuelve la asignación de valores numéricos y/o verbales a percepciones sensoriales (Lim, 2011). Se pueden evaluar las respuestas sensoriales de manera discriminativa, descriptiva y afectiva. Algunas de las pruebas utilizadas son el método Check All That Apply (CATA, por sus siglas en inglés) y pruebas hedónicas afectivas que miden las respuestas de agrado y desagrado del consumidor (Lawless, 2009). CATA es un formato de pregunta que se ha utilizado en los últimos años para obtener perfiles de productos rápidos de los consumidores. A los consumidores se les presenta una

lista de atributos y se les pide que indiquen qué palabras o frases describen adecuadamente la muestra que se está evaluando. Los términos pueden incluir atributos sensoriales, así como respuestas hedónicas, respuestas emocionales u otros términos que el consumidor podría asociar con la muestra. (Meyners y Castura, 2017).

2.- ANTECEDENTES

Se han estudiado algunas propiedades funcionales como solubilidad, capacidad de gelificación y de emulsión de proteínas de insectos, principalmente grillos (*Gryllodes sigillatus*), larvas de mariposas (*Imbrasia oyemensis*), escarabajos (*Tenebrio molitor*, *Zophobas morio*, *Alphitobius diaperinus*), grillo doméstico (*Acheta domesticus*), larvas de la mosca soldado negra (*Hermetia illucens*) y la cucaracha argentina gigante (*Blattella germanica*). Los resultados obtenidos de estos estudios indican que sus proteínas tienen un alto potencial de ser utilizadas como gelificantes o texturizantes en la industria de alimentos, ya que tienen la capacidad de formar geles en función de su concentración y pH (Hall y col., 2016). Las proteínas extraídas de escarabajos (*Aspongobius viduatus* y *Agonoscelis pubescens*) han sido utilizadas como estabilizantes para elaborar helados, al ser evaluado dicho producto por un panel sensorial no se encontró diferencia significativa entre un producto comercial y el elaborado con proteínas de insectos (Bußler y col., 2016).

En trabajos previos dentro del grupo de trabajo se analizaron las propiedades funcionales de harina de chapulín obteniendo buenos resultados en la CRA, sin embargo no se observó capacidad de gelificación y emulsificación equiparable a la carne; por otra parte se utilizó la harina como sustituto parcial de almidón nativo en la elaboración de salchichas obteniendo características de rendimiento y textura similares a un producto comercial pero con un aporte proteico superior en un 15%, además en las pruebas sensoriales de consumidores se evaluaron las salchichas como aceptables en textura y sabor (Cruz-López, 2017).

Por otra parte, en las últimas décadas, la ultrasonicación se ha utilizado para modificar los atributos bioquímicos y funcionales de las proteínas de la carne o

productos cárnicos, los resultados obtenidos sugieren que el ultrasonido mejora la capacidad de retención de agua, las propiedades de textura y la cohesión de la carne y los productos cárnicos al facilitar la liberación de proteínas miofibrilares (Saleem y Ahmad, 2016). En otros estudios se aplicó ultrasonido de alta energía para modificar las propiedades funcionales de proteínas del suero de leche, las cuales son altamente utilizadas como ingredientes de muchos productos alimenticios para diferentes propiedades funcionales, incluyendo la emulsificación, gelación, espumado y capacidad de retención de sabor y grasa. De igual manera, el ultrasonido de alta energía tiene aplicaciones potenciales en el tratamiento de aislados y concentrados proteicos de soya para experimentar cambio en su conductividad, incrementar su solubilidad y área superficial específica, lo que permite influir en la textura e incrementar los valores de actividad emulsificante (Ulloa y col., 2013).

Los estudios reportados se enfocan en la incorporación de insectos comestibles como ingredientes para la formulación de productos cárnicos y lácteos (Kim y col., 2016; Omotoso, 2006; Rumpold y Schlüter, 2013; Wang y col., 2017), pero no hay evidencia científica de la incorporación de extractos de proteínas de insectos obtenidos por ultrasonido. Recientemente, Rumpold y Schlüter (2013) incorporaron insectos comestibles en alimentos para animales y productos alimenticios humanos, con un énfasis en su uso como agente texturizante en función de su alta capacidad de emulsión. Kim y col., (2016) aplicaron polvos de proteína de insectos comestibles en salchichas, lo que aumentó el rendimiento de cocción y la dureza.

3.- JUSTIFICACIÓN

La tendencia de estudiar las propiedades funcionales que pueden tener las proteínas presentes en los insectos comestibles va en aumento entre la comunidad científica ya que tienen un gran potencial para ser utilizadas como aditivos en la industria de alimentos o como parte de la dieta por su alto valor nutritivo, además pueden ser un activador para generar fuentes de empleo en las comunidades rurales en donde se dan de forma natural estos organismos. Sin

embargo, a pesar de los reportes de la gran biodiversidad de insectos que existen en México, todas las investigaciones se centran en analizar el valor nutricional o en la incorporación empírica a productos desde el punto de vista gastronómico, pero no hay reportes que indiquen las propiedades funcionales que pueden tener los insectos comestibles endémicos de México.

Por otra parte, el estudio de la funcionalidad tecnológica de proteínas de insectos es de interés, ya que pueden ser una alternativa para sustituir a las proteínas cárnicas en la elaboración de productos embutidos (salchichas), y así poder obtener un producto con menor costo al alcance de personas de bajos recursos y que le aporte un valor nutricional a la dieta.

4.- HIPÓTESIS:

Si las proteínas presentes en la harina de chapulín (*Sphenarium purpurascens*) pueden equiparar sus propiedades funcionales a las proteínas cárnicas después de un proceso de ultrasonido, entonces las proteínas extraídas de chapulín se podrá utilizar como un sustituto parcial de carne en la formulación de un producto cárnico cocido (salchicha) sensorialmente aceptable.

5.- OBJETIVOS

5.1.- Objetivo general

Evaluar la funcionalidad de las proteínas de chapulín (*Sphenarium purpurascens*) extraídas con ultrasonido en un producto cárnico cocido (salchicha).

5.2.- Objetivos particulares

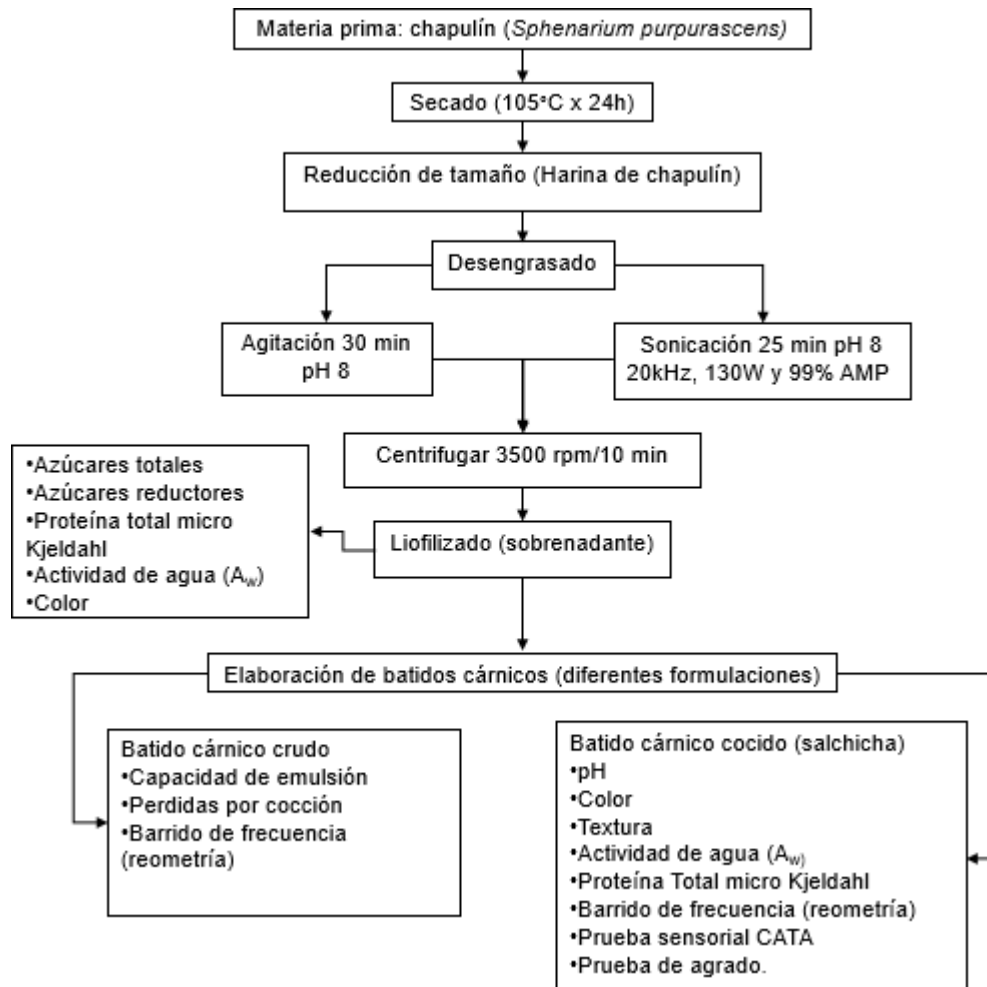
- Obtener harina de chapulín (*Sphenarium purpurascens*) y determinar el porcentaje de grasa y proteína en la harina.
- Obtener concentrados de proteína de chapulín, con tratamiento de sonicación, y agitación en diferentes pH's.
- Determinar el contenido de azúcares totales, reductores y proteína total de

los concentrados.

- Elaborar modelos cárnicos cocidos a diferentes niveles de sustitución de carne.
- Evaluar las propiedades funcionales de las proteínas extraídas de chapulín en los modelos cárnicos, antes y después de cocción.
- Evaluar las características fisicoquímicas y sensoriales en los modelos cárnicos cocidos.

6.- METODOLOGÍA

6.1.- Metodología general:



6.2.- Obtención de la harina desgrasada de chapulín

La harina se obtuvo a partir de chapulín (*Sphenarium purpurascens*) de acuerdo con Soria Chico y col. (2016), con algunas modificaciones. Los chapulines se limpiarán de materias extrañas y posteriormente se colocarán en un horno (Felisa modelo FE-291AD) a 105 °C durante 24 h para deshidratarlos. Una vez secos se realizó una reducción de tamaño en licuadora para obtener un polvo que será tamizado en malla No.20 hasta obtener una harina fina. La harina fue desgrasada de acuerdo al método descrito por Byoung Deug y col., (2017), con algunas modificaciones. Los lípidos se extrajeron de las muestras de chapulines usando hexano como disolvente, en una relación de solvente-muestra de 1:10. Las muestras se agitaron durante 24 h y el hexano se eliminó mediante filtración, y posteriormente se destiló para su recuperación. Posteriormente se reemplazó cada 24 h hasta un tiempo total de 72 h. Las muestras se vaciaron en papel de aluminio y se dejaron secar durante dos días. Se obtuvieron 3 lotes y fueron etiquetados como polvo desengrasado de chapulín (PDC).

6.3.- Determinación del pH óptimo de solubilidad

La determinación del pH óptimo de solubilidad se llevó a cabo de acuerdo al método descrito por Spell y Bressani (2011), modificado. El PDC se llevó a diversos pHs en un intervalo de 1-9 utilizando HCl 0.1 N y NaOH 0.1 M y se centrifugaron en una mini centrifuga Sprout durante 5 min. Los sobrenadantes se liofilizaron y el liofilizado se disolvió en 500 µL de agua destilada y se evaluó el contenido de proteína soluble de chapulín (PSC) mediante Bradford (Ver anexo B1). Finalmente, la concentración de proteína se reportó como mg PSC/g PDC. El pH óptimo fue aquel en el que se encontraba la mayor concentración de proteína soluble.

6.4 Determinación de las condiciones para extraer proteína soluble

Se cuantificó la proteína soluble en diferentes soluciones (ácido ascórbico 10

mM, NaCl 1%, mezcla ácido ascórbico-NaCl y NaHCO₃ 3%). El PDC (5 g) fue mezclado con 50 mL de cada una de las soluciones y se mantuvieron en agitación. Se tomaron 2 alícuotas de 2 mL en diferentes tiempos (0, 5, 15, 30, 40 y 50 min), las cuales fueron centrifugadas en una mini centrifuga Sprout durante 10 min y los sobrenadantes fueron decantados. Finalmente, las alícuotas obtenidas fueron concentradas por dos métodos diferentes: liofilización (liofilizadora Labconco FreeZone 3.5 a -53° C y 0.310 mpa) y precipitación con etanol. La precipitación de las proteínas se realizó de acuerdo al método descrito por García-San (2016) con algunas modificaciones en etanol no desnaturizado previamente congelado a -20

°C a razón de tres volúmenes de alcohol por volumen de muestra. Se dejó precipitar durante 18 h a -20 °C y se centrifugó a 4000 rpm a 4 °C durante 5 min. Se retiró el sobrenadante y se dejó secar el pellet a temperatura ambiente. Finalmente se evaluó el contenido PSC mediante Bradford y se reportó como mg PSC/g PDC.

La condición de pH, solución y método de concentración (liofilización o precipitación) en el que se presentó la mayor cuantificación de PSC fue utilizado para evaluar los métodos de extracción.

6.5.- Evaluación de Métodos de extracción

6.5.1.- Extracción de proteína mediante Agitación

Se disolvieron 25 g de PDC en 250 mL de una solución de NaHCO₃ al 3% pH 8. La disolución se agitó durante 30 min y se tomaron alícuotas en los tiempos 0, 5, 15 y 30 min. Posteriormente se centrifugó (centrifuga Rotina 420) durante 10 minutos a 3500 rpm. Las muestras fueron decantadas y el sobrenadante fue liofilizado. El polvo obtenido fue etiquetado como Proteína obtenida por agitación (PA).

6.5.2.- Extracción de proteínas mediante Ultrasonido

6.5.2.1 Baño de Ultrasonido

Para el primer método se utilizó un baño de ultrasonido Cole-Parmer 8891 a 42 Khz con una potencia máxima de 130 W. Se realizó una mezcla de 1.5 g PDC

con

15 mL de una solución de NaHCO₃ 3% pH 8, y se repartió el volumen en 7 alícuotas con 2 mL en cada microtubo (ependorf). Las muestras fueron sonicadas y se recolectaron las alícuotas en diferentes tiempos (0, 5, 15 y 30 min). Las alícuotas fueron centrifugadas utilizando una mini centrifuga Sprout a su máxima potencia durante 5 minutos, los sobrenadantes fueron decantados y liofilizados. El polvo obtenido fue etiquetado como Proteína obtenida por baño ultrasónico (PBU).

6.5.2.2.- Ultrasonido piezoeléctrico

La extracción de proteína se llevó a cabo siguiendo el método descrito por Choi y col. (2017), con algunas modificaciones. Se utilizó un ultrasonido Sonics® Vibra-Cell™ VCX 130PB, con una potencia máxima de 130 W y se operó a 20 kHz con un 99% de Amplitud. Se mezclaron 50 g de PDC con 250 mL de una solución NaHCO₃ al 3% pH 8 y la suspensión se sometió a sonicación durante 25 min en un baño de hielo. Se tomaron alícuotas en diferentes tiempos (0, 5, 15, 30 min) y las muestras fueron centrifugadas utilizando una centrifuga Rotina 420 durante 10 minutos a 3500 rpm decantando el sobrenadante y filtrando para eliminar residuos de la harina. El sobrenadante fue liofilizado y el polvo obtenido fue etiquetado como proteína obtenida por ultrasonido piezoeléctrico (PUP).

A todos los polvos obtenidos de los diferentes métodos de extracción se les cuantificó la concentración de proteína soluble mediante Bradford y se reportó como mg PSC/g PDC. Se seleccionó el método de extracción de ultrasonido que reportó la mayor concentración de PSC.

6.6 Evaluación de los extractos de proteína

6.6.1.- Determinación de azúcares Totales.

Se realizó una curva patrón con D-glucosa anhidra (Meyer) a seis concentraciones

distintas: 20, 30, 40, 50, 60 y 70 mg/L, tomando 1 mL de la solución patrón y después agregando 3 mL de ácido sulfúrico concentrado (J.T.Baker) y posteriormente se agitaron durante 30 s. La solución se enfrió en un baño de hielo durante 2 min. Finalmente, se realizó la medición en el espectrofotómetro

(Thermo scientific modelo GENESYS 10s UV-VIS) utilizando una longitud de onda de 315 nm (Albalasmeh y col., 2013). Se realizaron soluciones de 0.5 g/L de PUP y PA; las muestras fueron analizadas igual que los estándares colocando 1 mL de muestra y 3 mL de ácido sulfúrico concentrado.

6.6.2.- Determinación de azúcares reductores

Se prepararon soluciones de glucosa a diferentes concentraciones (0.25, 0.5, 0.8, 1.1, 1.4, 1.7, 2 g/L) y se preparó el reactivo ácido 3,5 dinitrosalicílico (DNS) de la siguiente manera. Se pesaron los siguientes reactivos: 5 g de ácido 3,5 dinitrosalicílico, 150 g de tartrato de sodio y potasio, 8 g de NaOH, 1 g de fenol y

0.25 g de sulfito de sodio. Se disolvió el NaOH en 200 ml de agua y se añade en agitación lentamente el DNS posteriormente se añadió el sulfito de sodio, el fenol y por último sin parar la agitación se agrega el tartrato de sodio y potasio. Finalmente se aforó a 500 mL y se filtró. Se guarda en un recipiente ámbar a temperatura ambiente (Miller, 1959). Para realizar la curva estándar se adicionó

0.5 mL de las diferentes concentraciones de glucosa y 0.5 mL del reactivo DNS en un tubo de ensaye de 10 mL. Los tubos se colocaron en baño de agua a 100 °C durante 5 min, posteriormente se enfriaron hasta temperatura ambiente y se les añadió 5 mL de agua destilada. Se agitaron y se realizó la lectura a 540 nm en espectrofotómetro (Thermo scientific modelo GENESYS 10s UV-VIS) (Bello, 2006).

Para la determinación de las muestras se realizaron soluciones de 20 g/L de PUP y PA, y se siguió el mismo procedimiento que para las soluciones de glucosa, colocando en la mezcla 0.5 mL de muestra y 0.5 ml del reactivo de DNS.

6.6.3.- Determinación de proteína total por micro Kjeldahl

Fueron colocados 0.15 g de muestra, 0.8 g de catalizador (Wieninger's reagent) y

3 mL de H₂SO₄ en un matraz de Kjeldahl. Se sometió a digestión bajo una campana de extracción hasta que ya no desprendía humo. Se transfirieron las muestras al destilador microkjeldahl con un poco de agua y se adicionaron 15

mL de NaOH al 40%. El amoniaco desprendido fue recibido en 10 mL de H₃B₃O₃ 2% en presencia de tres gotas de indicador tashiro (rojo de metilo y azul de metileno), recolectando aproximadamente 10 mL del destilado. La titulación se realizó con HCl 0.1 N y se calculó el porcentaje de proteína cruda utilizando la siguiente ecuación:

$$\% \text{ proteína} = \frac{\text{mL de HCl gastados en la muestra} \times 0.014 \times \text{Normalidad HCl} \times 100}{\text{peso de la muestra}} \times 6.25$$

6.7.- Elaboración del modelo cárnico cocido

Se realizaron 7 diferentes formulaciones para evaluar las propiedades funcionales de las proteínas extraídas por agitación y con ultrasonido como sustitutos parciales de proteína cárnica (Tabla 2). Para la elaboración de los modelos se siguió la siguiente metodología: se picó la carne en trozos pequeños de aproximadamente 7x7 cm, eliminando hueso y se colocó en la *cutter*, junto con el lardo previamente congelado, posteriormente se añadió la sal, las sales de curado, la mitad de los fosfatos, y una tercera parte del hielo. Se accionó la cortadora a velocidad baja durante 1 min y sin parar se adicionó otra tercera parte del hielo y se homogenizó de 1 a 2 min adicionales. Por último, se agregó el resto de la mezcla de fosfatos y se continuó en la *cutter* durante 30 s y se adicionó la última tercera parte del hielo, hasta obtener una emulsión homogénea. La emulsión se embutió en fundas de celulosa y se ataron en porciones de 50 mm aproximadamente. Las diferentes formulaciones sometieron a una cocción en agua a 80 °C y se retiraron cuando alcanzaron una temperatura interna de 75 °C, e inmediatamente se realiza un choque térmico con agua fría durante 30 min, hasta que la temperatura interna llegue a 15° C.

Tabla 2: Formulaciones de salchichas utilizando concentrado de proteína de chapulín (agitación y ultrasonido) como extensor de carne.

Ingrediente (g)	Tratamientos*						
	Contr ol	PU P**			PA **		
		5	1	15	5	10	15
			0				

Carne de cerdo	50	47 .5	4 5	42 .5	47 .5	45	42 .5
Concentrado de proteína (PA)	-	-	-	-	2. 5	5	7. 5
Concentrado de proteína (PUP)	-	2. 5	5	7. 5	-	-	-
Lardo	20	20	2 0	20	20	20	20
Sal cura	0.3	0. 3	0 . 3	0. 3	0. 3	0.3	0. 3
Fosfatos	0.5	0. 5	0 . 5	0. 5	0. 5	0.5	0. 5
Sal	1	-	-	-	-	-	-

* Agregar hielo para completar el 100%;

** Porcentajes de sustitución de carne de cerdo

6.8.- Propiedades funcionales

6.8.1- Estabilidad de emulsión

Se evaluó la capacidad de estabilizar una emulsión cárnica de los extractos de proteína (PA y PUP). Las muestras de batido cárnico antes de la cocción fueron evaluadas de acuerdo al método de Bloukas y Honikel (1992), con algunas modificaciones. Se llenaron con 20 g de pasta de emulsión tubos de 50 mL modificados con una malla en la parte interna. Los tubos se calentaron durante 30 min en un baño de agua a una temperatura de 75 °C y posteriormente se enfriaron a 4 °C. Se cuantificó el agua y la grasa presentes en la parte inferior del tubo y se reportó la estabilidad de la emulsión como el total de fluidos expresables (mL/ g de muestra) de acuerdo a la siguiente ecuación (Choi y col., 2007)

$$\text{Separación total de fluidos expresables (mL/g)} = \frac{\text{Capa de agua (mL)} + \text{Capa de grasa (mL)}}{\text{Peso del batido cárnico crudo (g)}} \times 100$$

6.8.2.- Pérdidas por cocción

Se realizó un rendimiento mediante el cálculo de pérdidas de peso por cocción

en los batidos cárnicos embutidos, estos se pesaron antes y después del tratamiento térmico y fue determinada con la siguiente ecuación (Park y col., 2017). El porcentaje de pérdida de peso está relacionado con la capacidad de retención de agua y la estabilidad de la emulsión ya que estos afectan al rendimiento final.

$$\% \text{ de pérdida de peso} = \frac{(\text{peso inicial} - \text{peso final})}{\text{peso inicial}} \times 100$$

6.8.3.- Viscoelasticidad.

Se evaluó la viscoelasticidad de los diferentes tratamientos antes y después del tratamiento térmico en un reómetro rotativo Physica MCR 300 (Physica Messtechnik GmbH, Stuttgart, Alemania) con una geometría estriada PP 50/P2 (25 mm de diámetro, 1 mm de gap para las muestras sin cocción y 9 mm de gap para las muestras cocidas). Se colocó aproximadamente 10 g de las muestras en la placa del reómetro y se realizaron pruebas de barrido de frecuencia a una deformación del 1% en un intervalo de frecuencia de 0.1-100 Hz y 25 °C. La temperatura se controló mediante un baño circulante Paar Physica y un sistema de peltier controlado (TEZ 150 P / MCR) con una precisión de ± 0.1 °C (Lazaridou y Biliaderis, 2007).

Se obtuvieron las gráficas del módulo de almacenamiento (G'), el módulo de pérdida (G'') y la viscosidad absoluta (η^*); y los datos fueron analizados con el software del reómetro US200/32 V2.50.

6.8.4- Textura

Se realizó el análisis de perfil de textura (TPA) de los batidos cárnicos cocido embutidos (salchichas) en un texturómetro Brookfield modelo CT3, empleando una sonda cilíndrica TA3/100 de 2.5 mm diámetro. Se cortaron las salchichas en rodajas de 20 mm de diámetro y 10 mm de altura. El equipo fue programado con un objetivo de deformación de 40% y un tiempo de espera de 0 segundos, carga de activación de 0.0068 kg y una velocidad de test de 5 mm/s. Se obtuvieron los datos de dureza, adhesividad, fracturabilidad, cohesividad, elasticidad, firmeza y masticabilidad.

6.9.- Propiedades Fisicoquímicas

6.9.1.- Actividad de agua (A_w)

La actividad de agua (A_w) se determinó con un higrómetro marca AquaLab previamente calibrado. Para esto se tomó una muestra de salchicha cortada en trocitos y colocada en el portamuestra del higrómetro sin sobrepasar la mitad de la altura y sin dejar ver el fondo de estas, lo que permite hacer mediciones exactas (Hleap y Velasco, 2012).

6.9.2.- pH

Se homogenizaron 5 gramos de salchicha con 45 mL de agua destilada en un procesador de alimentos y se filtraron para retirar el exceso de tejido conectivo. El pH de los sobrenadantes se determinó en un potenciómetro electrónico 120 previamente calibrado con buffers de referencia pH 4 y 7 (Téllez, 2016).

6.9.3.- Color

Se cortaron las salchichas de forma transversal con un grosor de 2 cm, fueron colocadas en el portamuestra sin que se observen espacios entre las muestras. Las determinaciones se realizaron por cuadruplicado (rotando el portamuestra 90° en cada determinación) en un colorímetro Hunter Lab previamente calibrado, con una apertura de 19.1 mm, iluminante D65 y observador estándar 10°. Los resultados fueron reportados con los valores promedio de L^* , a^* , b^* .

6.10.- Evaluación sensorial

La evaluación sensorial solo se aplicó a las formulaciones que presentaron las mejores características funcionales y fisicoquímicas. El análisis sensorial fue realizado por consumidores ($n = 96$) de edades comprendidas entre 19 y 40 años (De Matos y col., 2018). La sesión se organizó en dos pasos. Los participantes recibieron 3 porciones simultáneamente de diferentes formulaciones de salchichas cortadas con una longitud de 10 mm. En primer lugar, se les indicó que calificaran el sabor general de cada muestra usando una escala hedónica horizontal de 7 puntos (ver anexo D) anclada en “No me gusta mucho” (1) y “Me gusta mucho” (7). También se proporcionó agua sin sal para que los participantes limpiaran y enjuagaran la boca entre las degustaciones. Durante el segundo paso, se aplicó la prueba CATA la cual tiene preguntas estructuradas en un

formato en el que se presenta a los encuestados una lista de términos y se les pide que seleccionen todos los descriptores que se aplican a la muestra a partir de 34 atributos sensoriales de sabor, aroma, olor y apariencia (ver anexo D; Ares y col., 2014; Ares y Jaeger, 2015).

6.11.- Análisis estadístico

Todas las determinaciones se realizaron por triplicado y los resultados se presentan como el promedio y su desviación estándar. Los análisis estadísticos se realizaron con el software XLSTAT versión 2014.5.03 (Addinsoft) utilizando un valor alfa límite de 0.05. Los resultados se analizaron con un análisis de varianza unidireccional (ANOVA) y pruebas de comparación de medias con el método de Fisher entre los tratamientos para cada una de las metodologías utilizadas. Para las pruebas sensoriales se realizó un análisis factorial de correspondencia para los datos CATA y para nivel de agrado una prueba no paramétrica de Friedman, pruebas de distribución de frecuencia y un análisis de componentes principales (PCA, por sus siglas en inglés).

7.- RESULTADOS Y ANÁLISIS DE RESULTADO.

7.1.- Porcentaje de grasa y proteína en harina de chapulín

Se obtuvo el mayor porcentaje de grasa a las 24 h (13.67 ± 1.41) de tratamiento con hexano y va disminuyendo a las 48 y 72 h (5.67 ± 0.47 y 2.33 ± 0.47 , respectivamente) respectivamente. El análisis estadístico de Fisher ($p < 0.05$) indica que no hay diferencia significativa entre las 48 y 72 horas (Ver anexo C, tabla C1 y C2). El contenido de grasa total en la harina de chapulín fue de $21.67 \pm 0.47\%$, y es comparable a otros insectos como Chinche Gigante Xamuis (*Thasus gigas*) (20.05 ± 2.5) y la Avispa Seguidora (*Brachygastra azteca*) (21.65 ± 1.1) y un contenido de grasa menor comparado con el gusanillo *Phasus triangularis* (62.20 ± 2.8), la avispa *Polistes instabilis* (61.38 ± 1.4) y el gusano blanco de maguey *Acentrocne me hesperiaris* (58.92 ± 3.5) (Ramos-Elorduy, 2002).

La harina de chapulín tiene $51.72 \pm 0.84 \%$ de proteína total, los cuales son

mayores a la proteína presente en carne de res o de puerco (20 -25%) (Aguilar, 2013).

7.2.- Determinación del pH óptimo de solubilidad

En el Grafico 1 se puede observar que la menor concentración de proteína soluble de chapulín (3.61 ± 0.23 mg) se obtiene a pH ácido (2-4) el cual puede ser considerado como un valor cercano al punto isoeléctrico de las proteínas presentes, ya que es donde se presenta la menor cuantificación de proteínas solubles. Por otra parte, se observa que en el intervalo de pH 7-9 se tiene la mayor cuantificación de PSC, no se encontró diferencia significativa entre el pH 7 (17.32

± 0.28 mg) y 8 (17.95 ± 0.62 mg), sin embargo, estos dos puntos son estadísticamente diferentes ($p < 0.05$) al tratamiento pH 9 el cual presenta la mayor concentración de PSC (19.33 ± 0.45 mg, ver anexo C; tabla C3 y C4). Por lo tanto, las proteínas presentes en la harina de chapulín son más solubles en medios alcalinos ya que estos medios ayudan a romper los puentes de hidrógeno y a disociar el hidrógeno de los grupos carbonilo por lo cual los grupos ionizables están desprotonados, y la carga neta de la proteína es de signo negativo, así el incremento de la carga superficial de las moléculas proteicas aumenta su solubilidad en agua (Lianqing y col., 2008). Resultados similares son reportados en insectos como larvas de gusano de harina y pupas de gusano de seda que al ser tratados en condiciones acidas, disminuyen la solubilidad de sus proteínas (Kim y col., 2016).

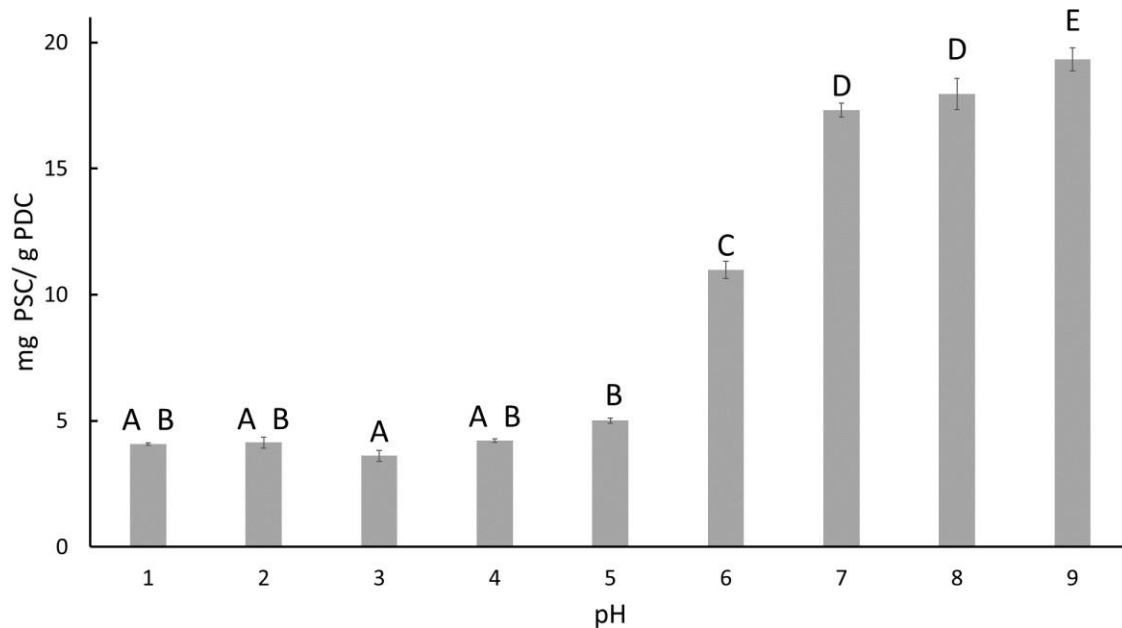


Grafico 1: Cuantificación de proteína soluble (PSC) a diferentes pHs. Cada valor se expresa como la media (n=3) de PSC \pm la desviación estándar; los valores marcados con letras diferentes mostraron diferencias significativas ($p < 0.05$).

7.3.- Determinación de las condiciones para extraer proteína soluble

Como se observa en el Grafico 2 los tratamientos con ácido ascórbico 10 mM, NaCl 1%, y mezcla de ácido ascórbico-NaCl presentaron los valores más bajos de PSC (4.42 ± 0.29 , 4.10 ± 0.09 y 4.58 ± 0.07 mg respectivamente) y no hay diferencia significativa entre ellos ($p < 0.05$). Estos resultados se pueden deber a que los pH finales de estos tratamientos con PDC son ácidos: 4.49 para la NaCl,

4.78 ácido ascórbico y 5.09 en la mezcla, y de acuerdo a los resultados obtenidos en el gráfico 1 están cercanos al pH donde posiblemente se encuentra el punto isoeléctrico de las proteínas presentes ya que se tiene la menor concentración de proteína soluble. Por otro lado, la mayor cuantificación de PSC se observa en la solución de NaHCO_3 3% (26.04 ± 0.01 mg) lo cual se puede deber a que el pH final de esta solución con la harina de chapulín es de 7.03 al ser un valor más básico se obtiene mayor solubilidad de proteína, además al estar en un pH neutro permite poder aplicar el extracto en algún producto sin modificar el pH de la matriz alimenticia. Estos resultados difieren a los reportados en grillos (*Gryllus*

bimaculatus) los cuales en una solución pH 5 obtuvieron una concentración de extracto de a próximamente 8 mg/ 100 g de muestra (Udomsil, 2019).

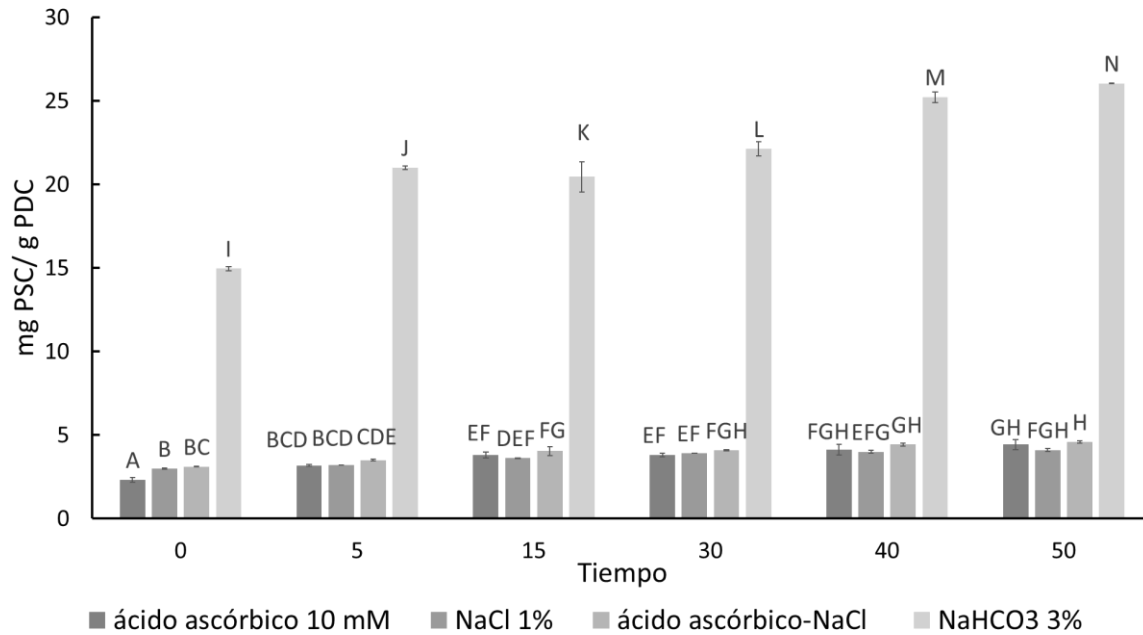


Gráfico 2: PSC en diferentes soluciones. Cada valor se expresa como la media ($n=3$) de PSC \pm la desviación estándar; los valores marcados con letras diferentes mostraron diferencias significativas ($p < 0.05$).

Una vez encontrada la solución con el pH donde se encuentra la mayor concentración de PSC, se realizaron pruebas para concentrar la proteína soluble. En el Gráfico 3 se puede observar la concentración de PSC con respecto al tiempo utilizando un método de precipitación y liofilización. Los resultados obtenidos indican que existe diferencia significativa ($p < 0.05$) entre el método de liofilización y precipitación, siendo el primer método con el que se obtiene mayor concentración de proteína en el extracto seco a los 50 min de agitación (31.51 ± 0.38 mg).

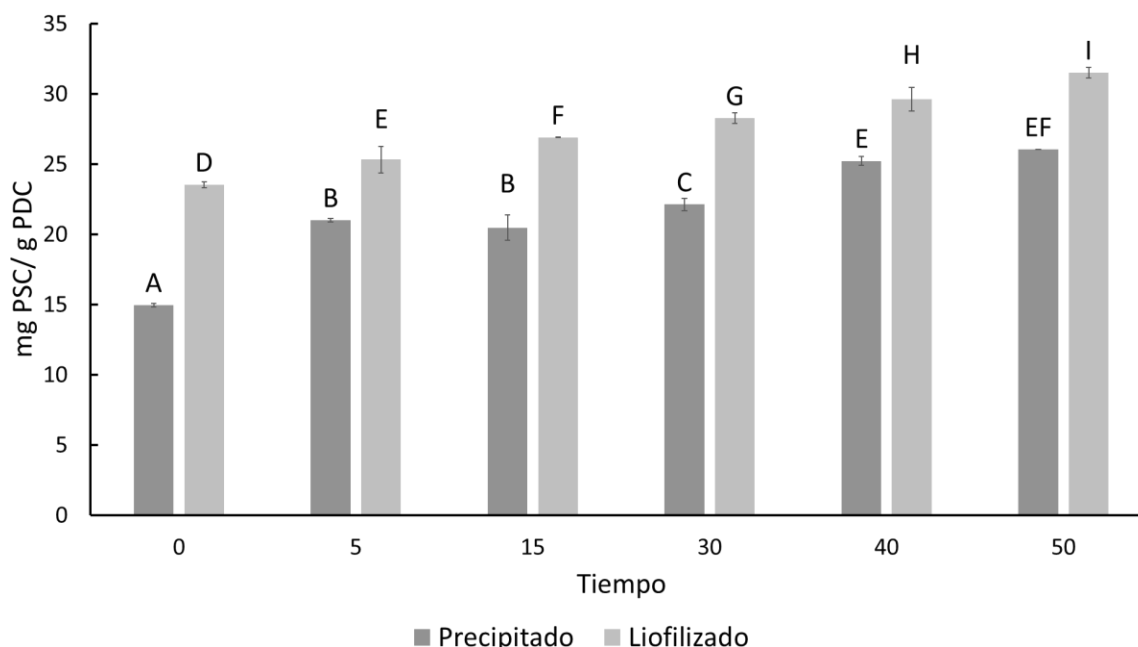


Gráfico 3: Comparación de métodos, respecto a PSC, así como el efecto del tiempo de agitación. Cada valor se expresa como la media (n=3) de PSC \pm la desviación estándar; los valores marcados con letras diferentes mostraron diferencias significativas ($p < 0.05$).

7.4.- Evaluación de los métodos de extracción de proteína soluble

En el Gráfico 4 se puede observar que existen diferencias significativas entre los métodos PA, PBU y PUP, teniendo las cuantificaciones más altas de PSC con el uso del ultrasonido piezoeléctrico (PUP) en todos los tiempos analizados. Algunos autores han indicado que la técnica de ultrasonificación permite mejorar las propiedades (funcionales de las proteínas, solubilidad, capacidad y estabilidad de emulsión y los métodos de extracción) en soya (Jambrak y col., 2008; Lee y col., 2016; Krešić y col., 2008) extracción de aceite en garbanzo (Lou y col., 2010), aumento de solubilidad en proteínas de claras de huevo (Arzeni y col., 2012) y porcentaje de extracción algunos insectos como larvas de gusano (*Tenebrio molitor*), grillo de campo adultos (*Gryllus bimaculatus*) y pupas de gusanos de seda (*Bombyx mori*) (Byoung y col., 2017). Jambraky y col. (2009) mencionan que el ultrasonido aumenta significativamente la solubilidad de las proteínas presentes en el suero de leche como las α -lactoalbúmina. El análisis estadístico indica que hay diferencia significativa ($p < 0.05$) entre los tiempos utilizados en el ultrasonido, a mayor tiempo de ultrasonificación mayor será la solubilidad de la proteína. Se puede observar que a los 30 min no existe

diferencia significativa ($p < 0.05$; ver anexo C, tablas C9, C10) entre el método PA (31.51 ± 0.38 mg) y PUB (41.22 ± 0.84 mg), sin embargo hay diferencia significativa ($p < 0.05$) entre estos dos métodos y la técnica PUP (101.31 ± 0.58), obteniendo aproximadamente 60% más proteína soluble utilizando el ultrasonido piezoeléctrico. Estos resultados tienen una tendencia similar a los publicados por Byoung y col., (2017), en el cual aplican sonicación a 3 muestras de insectos (larvas de gusano (*Tenebrio molitor*), grillo de campo adultos (*Gryllus bimaculatus*) y pupas de gusanos de seda (*Bombyx mori*)) durante varios períodos de tiempo (0 -20 min), y se observó que el rendimiento de extracción es creciente con respecto al tiempo para todas las muestras, se observó diferencia significativa ($p < 0.05$) entre las pupas de gusanos de seda y larvas de gusano, grillo de campo adultos.

Para fines de comparación se obtuvieron extractos por el método de agitación (PA) y con el ultrasonido piezoeléctrico, para evaluar si el uso de esta técnica además de permitir extraer mayor concentración de proteína soluble, permite modificar las propiedades funcionales de las mismas proteínas extraídas.

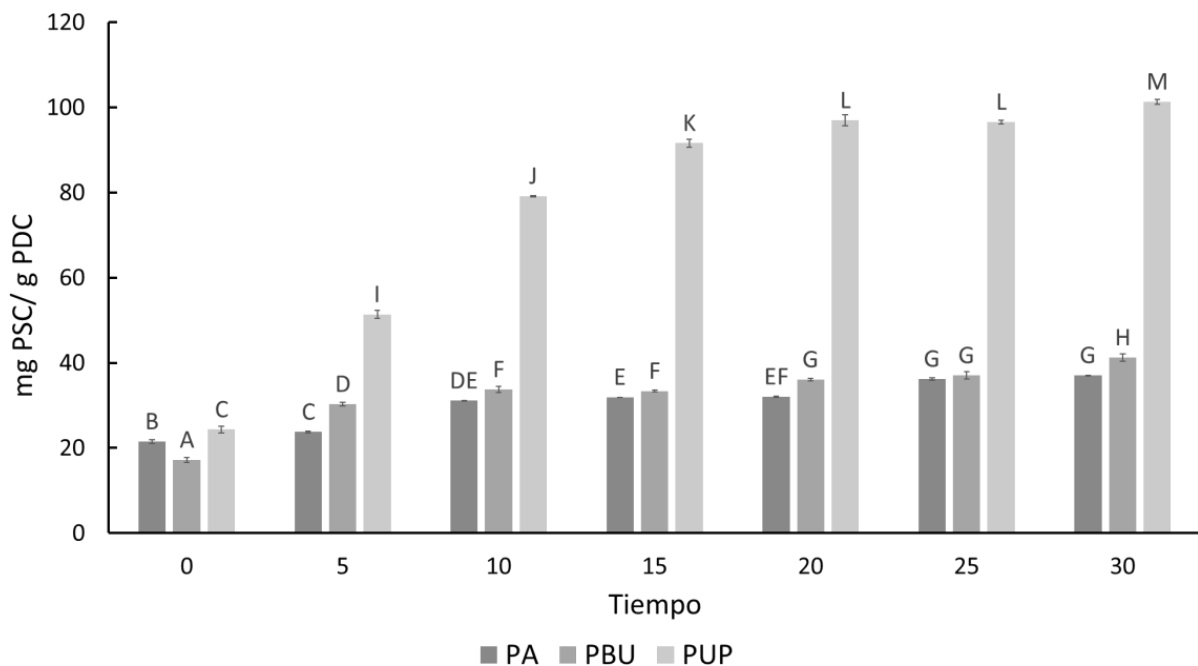


Gráfico 4: Comparación de métodos para extraer PSC y el efecto del tiempo. Cada valor se expresa como la media (n=3) de PSC \pm la desviación estándar; los valores marcados con letras diferentes mostraron diferencias significativas ($p < 0.05$).

7.5.- Evaluación fisicoquímica de los extractos de proteína soluble.

Se analizaron las características fisicoquímicas de los extractos PA y PUP (Figura 5). En la Tabla 3 se observa que existen diferencias significativas ($p < 0.05$, ver anexo B) entre ambos extractos con respecto a las variables azúcares totales y reductores, proteína total, aw, y luminosidad (L^*), sin embargo, no hay diferencia significativa entre los parámetros de color a^* y b^* . La ultrasonicación aumentó el porcentaje final de proteína total (14.58 ± 1.01) y libera mayor cantidad de carbohidratos (0.088 ± 0.0005), además oscurece la muestra ya que los valores de L^* son menores en sonicación (57.70 ± 0.30) lo cual representa una menor luminosidad. No se encontraron datos en la literatura para comparar el color de las muestras, sólo en harina de *Tenebrio molitor* (Mendoza, 2017) que fue sometido a escaldado y presentó coloraciones muy oscuras por lo cual no es comparable.

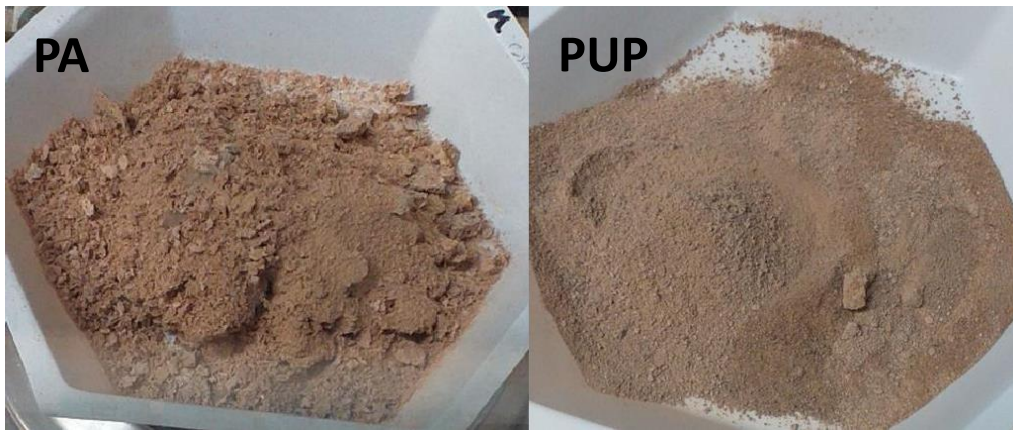


Figura 5: Concentrados de proteína obtenidos a partir de chapulín con diferentes métodos de extracción.

Tabla 3: Características fisicoquímicas de los concentrados de proteína soluble.

Parámetro	PUP	PA
Azúcares reductores g/g	0.023 ± 0.001 ^B	0.020 ± 0.0004 ^A
Azúcares totales g/g	0.088 ± 0.0005 ^B	0.0754 ± 0.0074 ^A
Porcentaje de proteína total	14.58 ± 1.01 ^B	12.06 ± 0.31 ^A
A_w	0.317 ± 0.004 ^A	0.356 ± 0.005 ^B
Color	L*	57.70 ± 0.30 ^A
	a*	5.74 ± 0.01
	b*	20.99 ± 0.07

*Cada valor se expresa como la media (n=3) ± la desviación estándar; los valores marcados con letras diferentes mostraron diferencias significativas ($p < 0.05$) entre el mismo renglón de diferentes columnas.

7.6.- Evaluación de las propiedades funcionales de extractos de proteína en salchichas.

7.6.1.- Estabilidad de emulsión.

Se determinó el porcentaje de separación total de fluidos como la grasa y agua del batido cárnico, por lo que valores bajos de fluidos expresables representan una buena estabilidad de la emulsión (Choi y col., 2007). En el Gráfico 5 se puede observar que a concentraciones de 5% y 10% de PUP se tiene una mejor estabilidad en la emulsión cárnica con valores de 3.3 ± 0.28 y 4.3 ± 0.28 % respectivamente, y no se observan diferencias significativas ($p < 0.05$) entre ellas, pero con respecto al control y las demás formulaciones si hay diferencia significativa, lo que indica que las emulsiones cárnicas no se estabilizan al sustituir carne por proteína soluble de chapulín. Estos resultados son similares a los reportados por Choi y col. (2017), donde utilizan *Tenebrio molitor L.* como sustituto de carne a niveles de 5, 10 y 15% y todos los tratamientos no mostraron

diferencias significativas con el control y al aumentar los niveles de sustitución menor es la estabilidad de la emulsión. Con los resultados obtenidos se puede decir que el método del ultrasonido modifica las características de las proteínas, aumentando la hidrofobicidad y mejorando la capacidad de emulsión. Algunos autores como Zhang y col. (2017), han realizado pruebas de ultrasonido en proteínas miofibrilares nativas de la carne y los resultados indican que después del tratamiento, se modifican las regiones hidrófobas internas de la proteína por el fenómeno de cavitación y aumenta la hidrofobicidad superficial de la proteína.

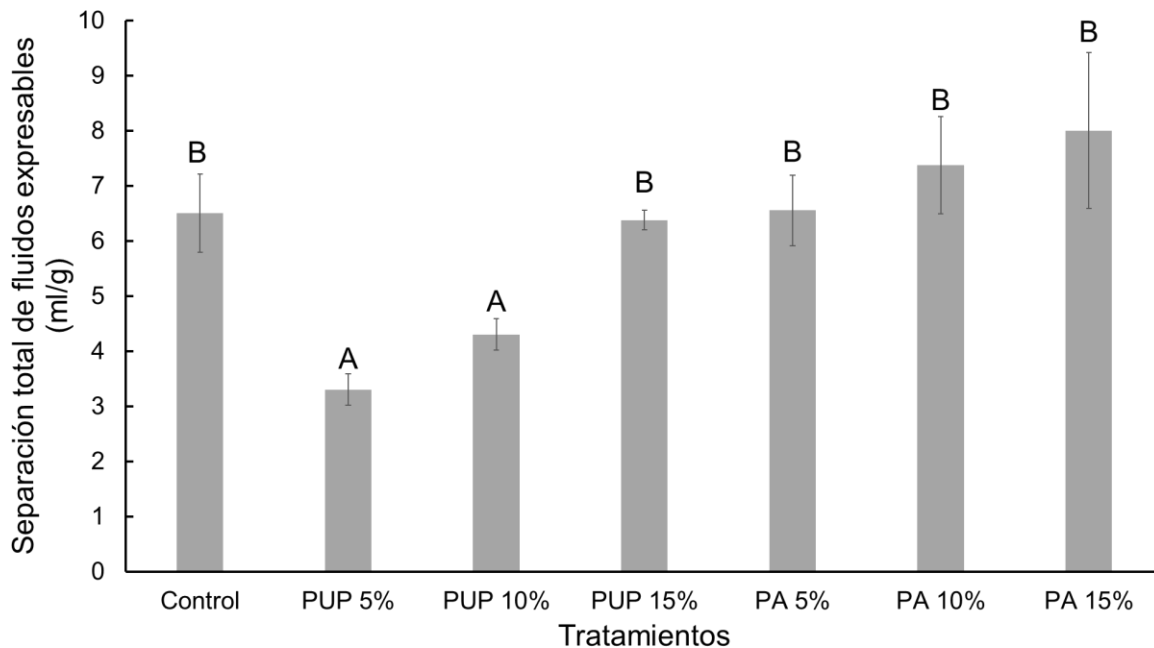


Gráfico 5: Estabilidad de emulsión. Cada valor se expresa como la media (n=3) del total de fluidos expresables ± la desviación estándar; los valores marcados con letras diferentes mostraron diferencias significativas entre las formulaciones ($p < 0.05$).

7.6.2.- Pérdida de peso por cocción

En el Gráfico 6 se observan las pérdidas de peso de las diferentes formulaciones después de la cocción. Las pérdidas de peso más altas se obtuvieron en las formulaciones de agitación al 10% y 15% (11.6 ± 0.14 y 12.6 ± 1.18 respectivamente) y con respecto a los tratamientos de 10 y 15 % PUP y 10% PA no presentaron diferencia significativa con el control, lo que puede inferir que la

PUP se puede equiparar con las proteínas cárnicas para ligarse al agua y evitar pérdidas después de la cocción. Los resultados obtenidos con el método de ultrasonido, son diferentes a los reportados por Park y col. (2017), quienes utilizaron harina de pupas de gusano y observaron que conforme se aumentan los niveles de sustitución de carne disminuye la pérdida por cocción esto debido a la alta capacidad de retención de agua de la harina dando un mayor rendimiento. Mientras que los concentrados de proteína extraídas con sonicación no muestran diferencias significativas ($p < 0.05$) comparadas con el control esto relacionado con el mejoramiento de la funcionalidad de las proteínas tratadas con ultrasonido al mejorar la solubilidad de la proteína y la capacidad de gelificación del aislado de proteína de soya comercial (Tang y col., 2009). Siendo la gelificación una propiedad importante para mejorar el rendimiento por su capacidad de atrapar agua.

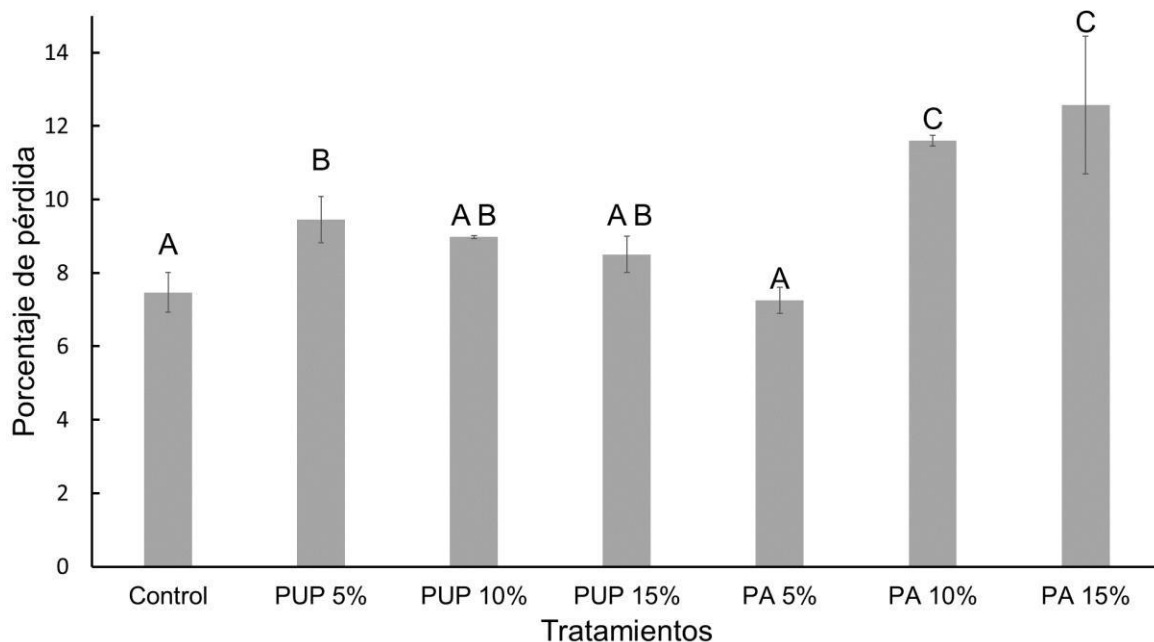


Gráfico 6: Pérdidas por cocción: cada valor se expresa como la media ($n=3$) de porcentaje de pérdida \pm la desviación estándar; los valores marcados con letras diferentes mostraron diferencias significativas ($p < 0.05$).

7.6.3.- Viscoelasticidad

Se eligió un barrido de frecuencias para evaluar el comportamiento viscoelástico de los concentrados de proteína en los batidos cárnicos sin cocción y después de cocción (Figuras 6 y 7). Los módulos de almacenamiento G' y pérdida G''

obtenidos para las distintas muestras como una forma de evaluar la capacidad de almacenar y disipar energía, mostraron para todos los casos que ambos módulos presentaron mayor magnitud después de la cocción, donde G' predominó esto significa que predomina la elasticidad sobre la viscosidad. Para el caso de los batidos antes de la cocción (figura. 6A) se observa que los tratamientos con PUP presentan valores en los módulos por arriba de la muestra control hasta frecuencias de deformación de 1 y 10 para G'' y G' , donde el comportamiento se invierte, quedando la muestra control por encima del resto de los perfiles, este mismo comportamiento se presenta para los tratamientos de PA, donde los módulos se encuentra por encima de la muestra control hasta frecuencias de deformación de 0.6 y 5.6 para G'' y G' . Para el caso de los batidos cocidos (Figura 7A), la muestra control presentó perfiles por encima de los tratamientos con PUP y PA, siendo estos últimos los más bajos, lo cual puede deberse a que en estas muestras se presentó un mayor grado de sinéresis y mayor encogimiento de las muestras después de la cocción.

La viscosidad absoluta η^* es una propiedad que indica la respuesta de un material ante esfuerzos de corte oscilatorio que se asocia con G' y G'' (Oechsle y col., 2014). Los resultados mostraron que η^* fue menor en los batidos con 5% de PUP, mientras que aquellos con 10 y 15% presentaron valores superiores al control antes de la cocción a bajas frecuencias de deformación (Figura 8A), y de igual manera que en el caso anterior, η^* fue mayor para el control después de la cocción (Figura 8B). Los datos obtenidos son similares a los resultados reportados por Gabis y col. (2017) donde incorporó CMC a formulaciones de salchichas y en todas las muestras la G' es mayor, por lo cual las muestras son más elásticas que viscosas y el aumento de la frecuencia debilita la estructura.

Cabe mencionar que los comportamientos observados antes y después de la cocción de los batidos (Figuras 6-8), permite inferir los cambios estructurales y las interacciones en la matriz alimentaria sufridos a consecuencia del tratamiento térmico, donde los tratamientos con PUP y PA presentan diferencias en sus propiedades viscoelásticas respecto del control, siendo PA donde se observan

efectos contradictorios en las propiedades viscoelásticas más alejadas, por lo cual PA no presenta las mismas características tecnofuncionales de las proteínas cárnicas, obteniendo batidos más frágiles, con menor viscoelasticidad y con presencia de mayor sinéresis, y siendo PUP 5 y 10% donde se observan los efectos más cercanos al control.

7.6.4- Textura

Como se puede observar en la Tabla 4 no hubo diferencias significativas ($p < 0.05$) en los parámetros de fracturabilidad, adhesividad y cohesividad, en cuanto a dureza disminuyó con los concentrados, no existiendo diferencias significativas entre el control y PUP, y obtenido valores más bajos a valores de 5% con PA, informan resultados similares al sustituir carne por harina de *Tenebrio molitor*, la dureza disminuía y a valores mayores a 25% aumentaba por la deshidratación de las salchichas en la cocción. Ninguno de los tratamientos presenta diferencia en fracturabilidad y cohesividad. So (2016) reportó resultados similares con harina de larvas de gusano observando que la dureza y la masticabilidad disminuyeron al agregar la harina, mientras que la elasticidad y la cohesividad no mostraron diferencias al control. Por lo tanto, se puede reemplazar carne de cerdo con hasta 15% de PUP y lograr una textura similar al control.

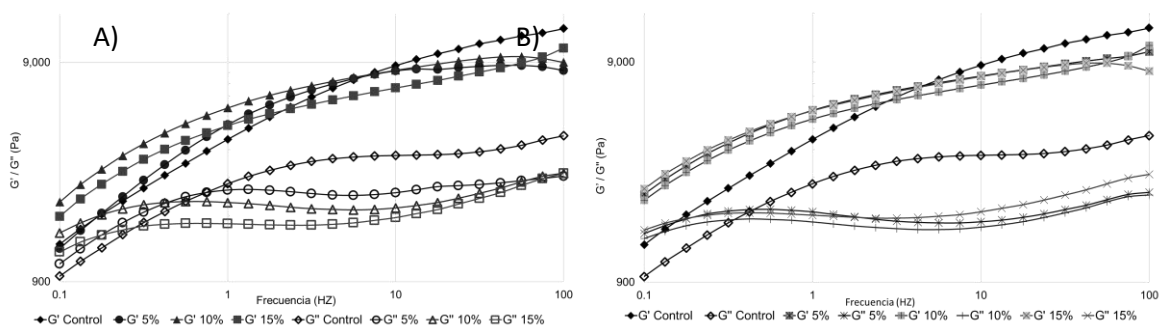


Figura 6: Propiedades viscoelásticas de batidos cárnicos sin cocción A) utilizando PUP y B) utilizando PA como extensor a diferentes niveles.

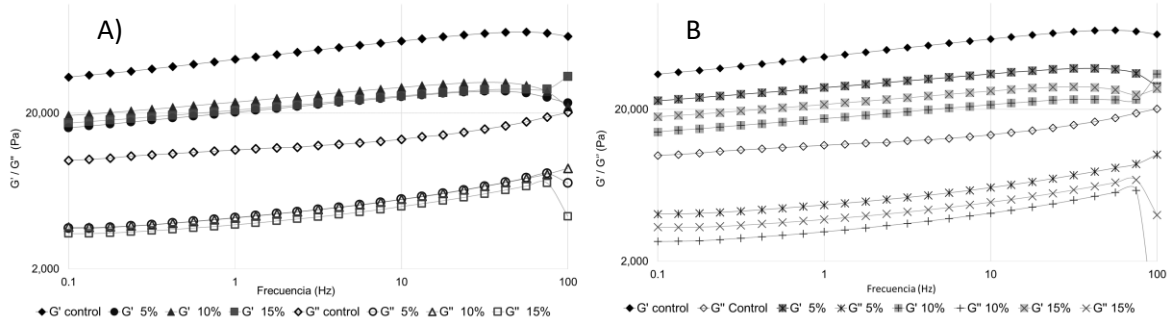


Figura 7: Propiedades viscoelásticas de batidos cárnicos después de cocción A) utilizando PUP y B) utilizando PA como extensor a diferentes niveles.

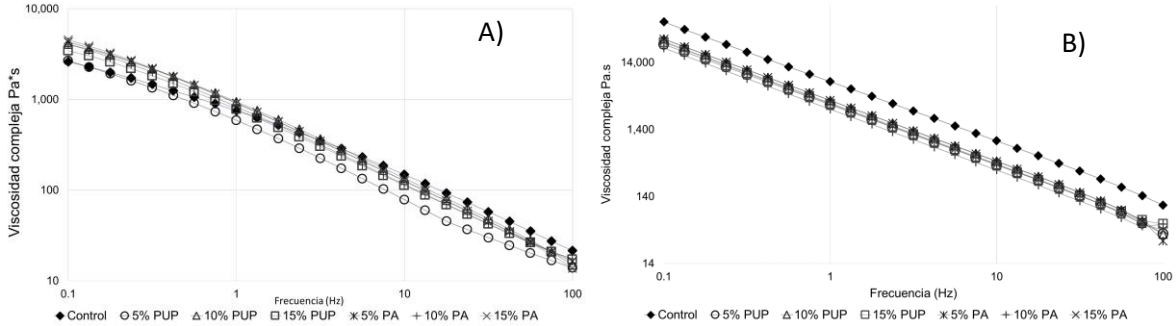


Figura 8: viscosidad compleja de batidos cárnicos A) antes y B) después de cocción, utilizando PUP y PA como extensor a diferentes niveles.

Tabla 4: Análisis de perfil de textura en los diferentes tratamientos.

TPA	Tratamientos *						
	Control	PUP			PA		
		5 %	10 %	15%	5 %	10 %	15%
Dureza (Kg)	1.07 ± 0.20 ^B	0.84 ± 0.03 ^{AB}	0.87 ± 0.17 ^{AB}	1.00 ± 0.16 ^B	0.67 ± 0.03 ^A	0.88 ± 0.01 ^{AB}	0.95 ± 0 ^{AB}
Adhesividad (mJ)	0.26 ± 0.05 ^{AB}	0.37 ± 0.08 ^B	0.33 ± 0.07 ^{AB}	0.28 ± 0.05 ^{AB}	0.25 ± 0.02 ^A	0.25 ± 0 ^A	0.27 ± 0.02 ^{AB}
Fracturabilidad (Kg)	1.19 ± 0.16	1.01 ± 0.08	0.96 ± 0.12	1.12 ± 0.06	0.98 ± 0.28	1.01 ± 0.05	1.11 ± 0.12
Elasticidad (mm)	3.60 ± 0.13 ^{AB}	3.66 ± 0.02 ^B	3.61 ± 0.02 ^{AB}	3.42 ± 0.01 ^A	3.73 ± 0.02 ^B	3.71 ± 0.18 ^B	3.63 ± 0.02 ^B
Cohesividad	0.80 ± 0.05	0.77 ± 0.01	0.77 ± 0.04	0.75 ± 0.01	0.69 ± 0.12	0.80 ± 0.10	0.77 ± 0.04
Firmeza (Kg)	0.95 ± 0.07 ^C	0.78 ± 0.05 ^{ABC}	0.74 ± 0.12 ^{AB}	0.84 ± 0.06 ^{BC}	0.62 ± 0.02 ^A	0.81 ± 0.14 ^{ABC}	0.85 ± 0.05 ^{BC}
Masticabilidad (mJ)	33.61 ± 0.82 ^B	27.94 ± 1.79 ^{AB}	26.15 ± 4.41 ^{AB}	25.60 ± 1.84 ^A	22.65 ± 1.27 ^A	29.43 ± 6.24 ^{AB}	30.26 ± 1.70 ^{AB}

*Cada valor se expresa como la media de 3 réplicas de los parámetros obtenidos en el análisis de perfil de textura ± la desviación estándar; los valores marcados con letras diferentes mostraron diferencias significativas (p < 0.05) entre el mismo renglón de diferentes columnas.

7.7.- Evaluación de las propiedades fisicoquímicas de salchichas

7.7.1.- Actividad de agua y pH

La actividad de agua afecta a los microorganismos patógenos, los cuales son sensibles a la cantidad de agua disponible por lo cual a niveles altos de Actividad de agua el producto presupone una gran proliferación de bacterias. Las salchichas son un producto perecedero ya que el rango de A_w es de 0.94 – 0.99.(Quino y Alvarado, 2014). En el Gráfico 7 se puede observar que no hay diferencias significativas entre la muestra de 5% de agitación y sonicación comparadas con el control esto debido a que el nivel de sustitución es muy bajo, pero se puede notar que a mayor porcentaje de sustitución menor es la actividad de agua esto se debe a que los concentrados utilizados presentan una baja actividad de agua (Tabla 2). También se puede observar que existen diferencias significativas ($p < 0.05$) entre el control y los diferentes tratamientos siendo el pH del control el más bajo (6.54 ± 0.03), esto se debe a que el control solo contiene carne la cual tiene un pH alrededor de 5.5 - 6. Mientras que los tratamientos contienen los concentrados de proteína de chapulín, que presentan un pH final de 8, por lo cual a mayor porcentaje de sustitución mayor es el pH del producto. Siendo agitación y sonicación 15% los pH más altos (8.68 ± 0.19 y 8.71 ± 0.05). Quino y Alvarado, (2014) mencionan que el pH de las salchichas tipo Viena ronda en los 5.5 a 6.4, por lo cual las salchichas con sustitución a nivel de 15% están fuera del intervalo.

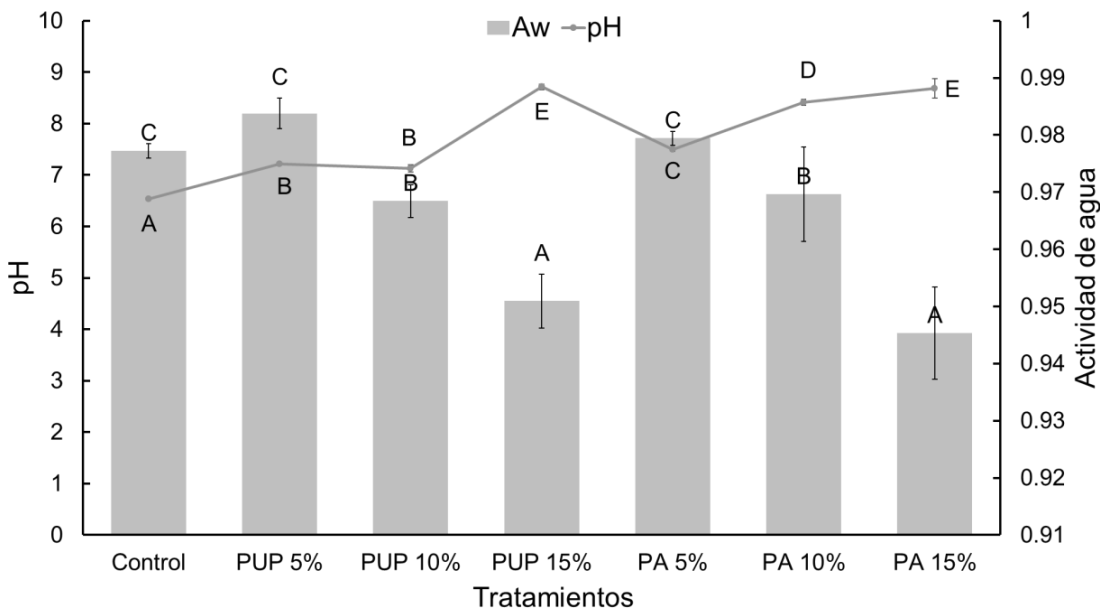


Gráfico 7: Evaluación del pH y Aw de los diferentes tratamientos Cada valor se expresa como la media de concentración de pH \pm la desviación estándar; los valores marcados con letras diferentes mostraron diferencias significativas ($p < 0.05$).

7.7.3 Color

En la Tabla 5 se puede observar la evaluación del color en las salchichas. El valor L* se redujo mientras que el valor b* y a* se incrementó con la incorporación de los concentrados de proteína. Algunos resultados similares en los valores a* han sido reportados por Park y col. (2017) al aumentar el contenido de polvo de gusano de harina los valores aumentaban. Choi y col., (2017) mencionan que la luminosidad disminuyo al aumentar los niveles de sustitución caso contrario al nuestro, pero para valores a* y b* presentan la misma tendencia de aumento. En todos los ensayos el producto presenta diferencias significativas ($p < 0.05$) al control además de adquirir coloración sin necesidad de añadir colorantes. Ya que los concentrados contenían azúcares estos también podrían aportar coloración por lo mencionado por Kinyuru y col., (2009) que el aumento de la concentración de termitas puede oscurecer el color de los alimentos debido a la reacción de Maillard que ocurre entre aminoácidos, azúcares, y proteínas que causan el oscurecimiento.

Tabla 5: Color de los diferentes tratamientos en escala CIE-LAB*

TRATAMIENTOS	Color**		
	L*	a*	b*
Control	74.25 \pm 3.50B	1.76 \pm 1.03A	13.18 \pm 0.11A
PUP 5%	59.48 \pm 4.54A	4.83 \pm 1.06B	18.40 \pm 0.20B
PUP 10%	56.56 \pm 3.97A	5.26 \pm 0.13B	20.47 \pm 0.10B
PUP 15%	50.63 \pm 1.71A	5.36 \pm 0.22B	20.49 \pm 0.13B
PA 5%	58.18 \pm 7.77A	5.11 \pm 0.75B	20.92 \pm 1.41B
PA 10%	56.38 \pm 1.13A	5.22 \pm 0.31B	20.75 \pm 1.34B
PA 15%	56.60 \pm 8.18A	5.36 \pm 1.14B	19.83 \pm 2.44B

**Cada valor se expresa como la media de 3 réplicas de color \pm la desviación estándar; los valores marcados con letras diferentes mostraron diferencias significativas ($p < 0.05$) entre los renglones filas de la misma columna.

7.7.4.- Proteína total

En el Gráfico 8 se observan los resultados del contenido de proteína total en las diferentes formulaciones de salchichas. El contenido de proteína total se incrementó únicamente en las formulaciones con mayor porcentaje de sustitución de carne para ambos tratamientos (agitación y ultrasonido), y hubo diferencia significativa con respecto al control ($p < 0.05$). Las formulaciones con sustitución de carne del 5 y 10 % en ambos tratamientos no presentaron diferencia significativa con respecto al control, con lo que se puede inferir que al sustituir la carne por extractos de chapulín en el nivel más bajo de sustitución se obtiene un alimento con el mismo valor nutricional que el que tiene 100% carne, estos resultados son similares a los reportados por Park y col. (2017).

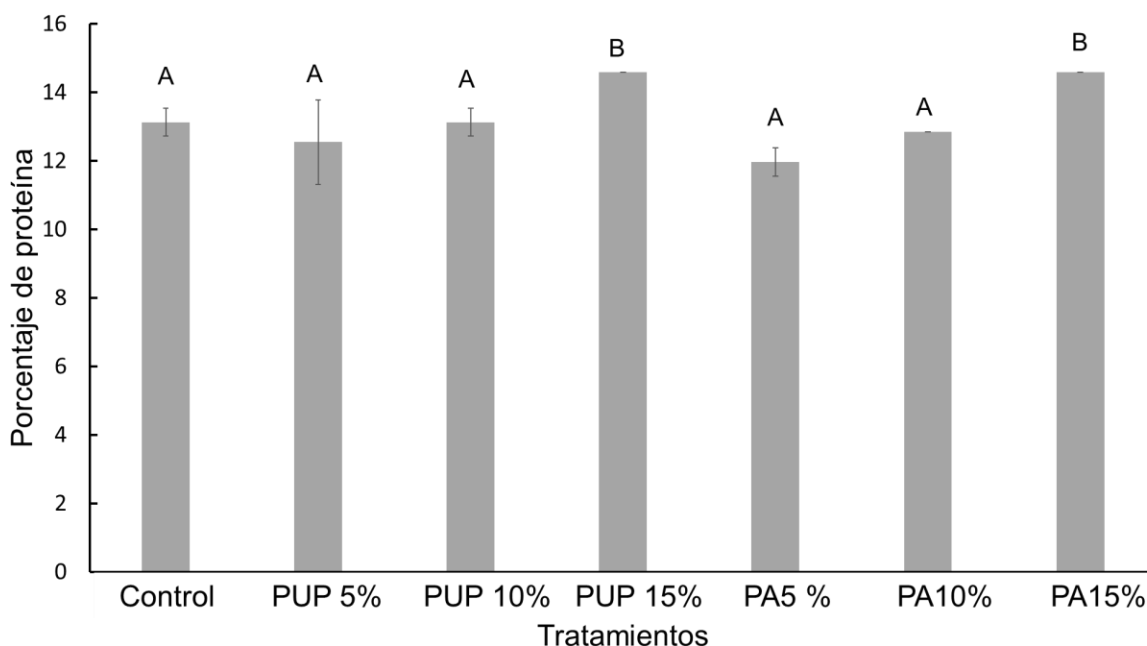


Gráfico 8: Proteína total en salchichas. Cada valor se expresa como la media ($n=3$) de concentración de proteína total \pm la desviación estándar; los valores marcados con letras diferentes mostraron diferencias significativas ($p < 0.05$).

7.7.- Evaluación sensorial

7.7.1.- Prueba Check All That Apply

De acuerdo a los resultados anteriores se observa que las formulaciones al 5 y 10% de PUP como extensor no muestran diferencias significativas con respecto al control ($p < 0.05$) en parámetros importantes como son textura, viscosidad absoluta, rendimiento, y mostraron mejor

capacidad de emulsión, por lo que se decidió trabajar sólo con estas dos formulaciones y con una muestra control (100% carne) para realizar las pruebas sensoriales. La prueba Prueba Check All That Apply se realizó para obtener los descriptores sensoriales que definieran mejor a las diferentes formulaciones. Todos los descriptores utilizados en la encuesta (ver anexo D) presentaron frecuencias mayores a cero, es decir, se usaron todos los términos, aunque algunos fueron usados con mayor frecuencia que otros. Los descriptores de la sección apariencia con mayores frecuencias para la muestra control fueron rosa (93) y porosa (57), para la muestra con 5% de sustitución de carne por concentrado de proteína de chapulín fueron clara (69) y porosa (60) y para la muestra 10% de sustitución de carne por concentrado de proteína de chapulín fueron café (80) y porosa (67). Para los descriptores de olor con mayores frecuencias para la muestra control fueron olor a cebolla (55) y olor a carne de cerdo (53), para la muestra con 5% de sustitución de carne por concentrado de proteína de chapulín fueron olor a cebolla (59) y olor a ajo (47) y para la muestra 10% de sustitución de carne por concentrado de proteína de chapulín fueron olor a cebolla (43) y ajo (34). Para los descriptores de sabor, los descriptores con mayores frecuencias para la muestra control fueron sabor a carne de cerdo (57) y condimentada (50), para la muestra con 5% de sustitución de carne por concentrado de proteína de chapulín fueron condimentada (61) y knorsuiza (46) y para la muestra 10% de sustitución de carne por concentrado de proteína de chapulín fueron salada (71) y condimentada (64). Para los descriptores de textura, con mayores frecuencias para la muestra control fueron suave (68) y húmeda (51), para la muestra con 5% de sustitución de carne por concentrado de proteína de chapulín fueron húmeda (68) y suave (57) y para la muestra 10% de sustitución de carne por concentrado de proteína de chapulín fueron húmeda (68) y suave (58), los datos mencionados anteriormente se pueden observar en el anexo C (gráficos E1-E4).

El análisis factorial de correspondencias mide la relación entre las columnas y las filas, en el caso de este estudio se tiene un 100% de relación entre las muestras y los descriptores sensoriales de sabor-textura y olor-apariencia (grafico 9 y 10, respectivamente). Como se observa en el grafico 9, los descriptores que definen a la muestra control son: (dulce, suave, lisa, firme/dura, sabor a carne de cerdo). Para la muestra chapulín 10% los descriptores que la definen son: (salada, granulosa, amarga, grasosa, pastosa, condimentada). Para la muestra chapulín 5% los descriptores sensoriales que la definen son: húmeda, gomosa, plástica, sabor a hierbas,

elástica, rancio, knorsuiza). En este grafico también se puede observar que el nivel de agrado se encuentra en medio de las muestras 5% chapulín y control, siendo esta ultima la muestra a la que más se aproxima.

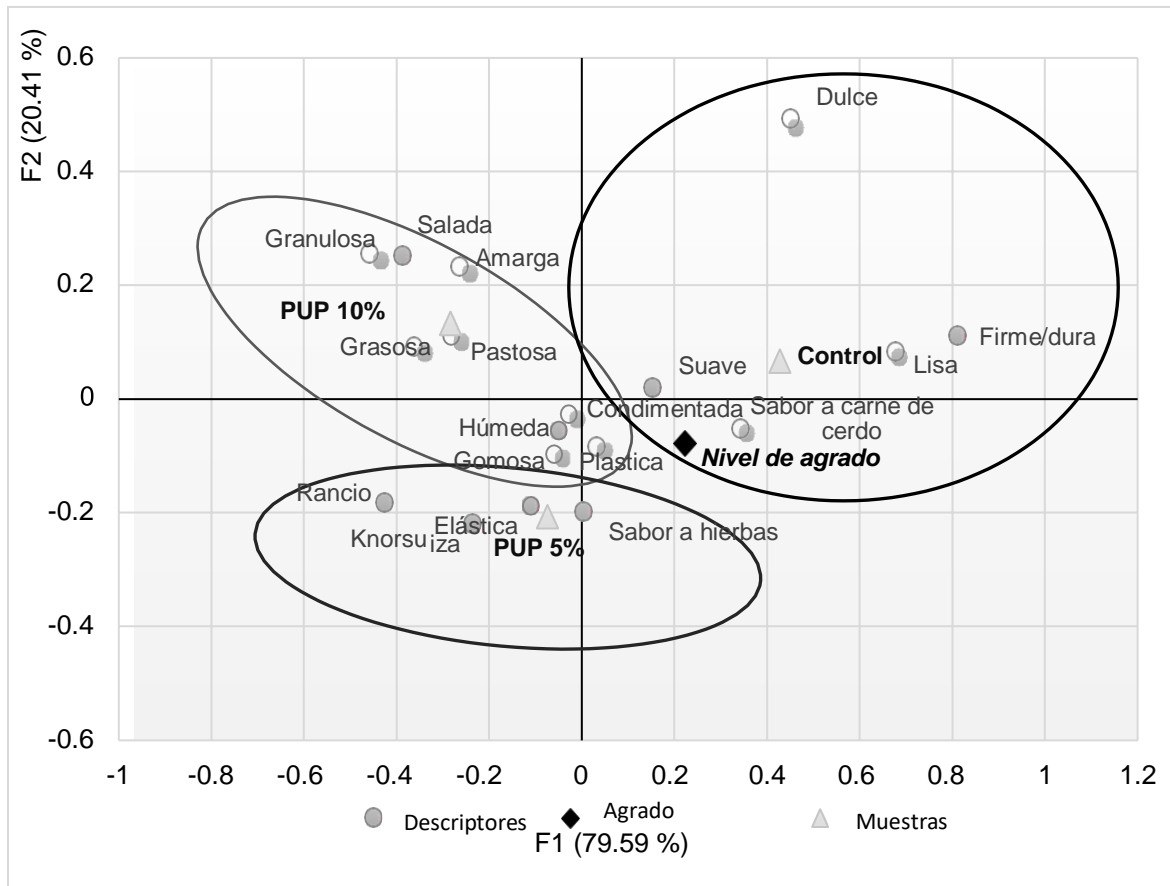


Gráfico 9: Análisis factorial de correspondencias sabor-textura.

En el Gráfico 10 se observan los descriptores que definen a la muestra control: homogénea, compacta, olor a vinagre, rosa, olor a carne de cerdo. La muestra chapulín 10% los descriptores son: oscura, olor a rancio, olor butírico, porosa, café, condimentada. La muestra chapulín 5% los descriptores son: olor a hierbas, olor a pimienta, olor a ajo, brillante, clara, olor a cebolla. Cabe destacar que las muestras de chapulín no se les agregó cebolla ni ajo y estos descriptores están asociadas a los extractos, En este grafico también se puede observar que el nivel de agrado se encuentra en medio de las muestras 5% chapulín y control, siendo esta ultima la muestra a la que más se aproxima.

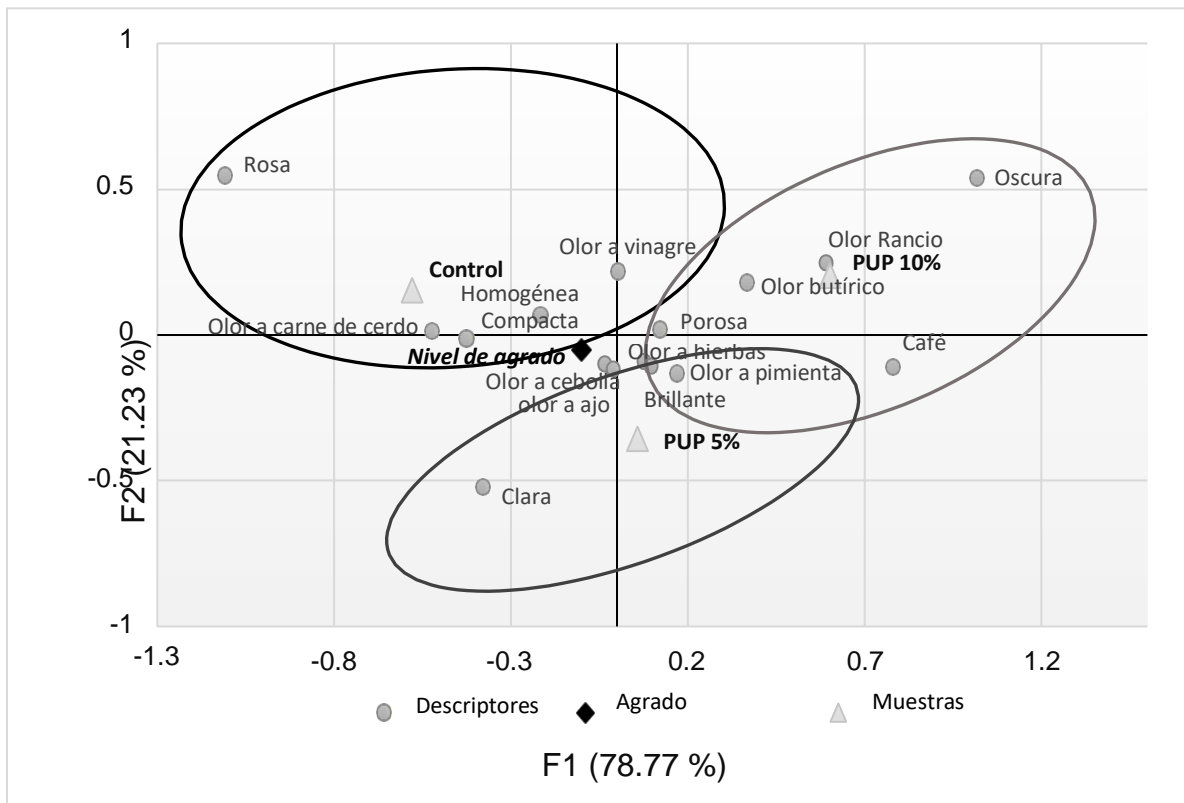


Gráfico 10: Análisis factorial de correspondencias Olor-Apariencia.

7.7.2.- Prueba de agrado general.

Se realizó una encuesta de consumidores de gusto general con una escala hedónica de 7 puntos, desde me disgusta mucho hasta me gusta mucho. Los resultados obtenidos se muestran en el Gráfico 11, donde se puede observar que las muestras control y 5% PUP no muestran diferencias significativas ($p < 0.05$), pero si hay diferencia significativa con respecto a la muestra 10% chapulín, de acuerdo al test Friedman (ver anexo C, tabla C53). Finalmente se puede apreciar que la muestra control presenta la misma aceptabilidad que la muestra 5% PUP con una media de agrado de 4.802 y 4.333 respectivamente, lo que las sitúa en la escala como “me gusta poco” a diferencia de 10% PUP con una media de agrado de 3.229 (ni me gusta ni me disgusta). También se puede observar que el 61.45% de los jueces aceptó la muestra control y un 51.04% de los jueces aceptó la muestra PUP 5%, siendo la muestra PUP 10% la menos aceptada con solo 26.04%.

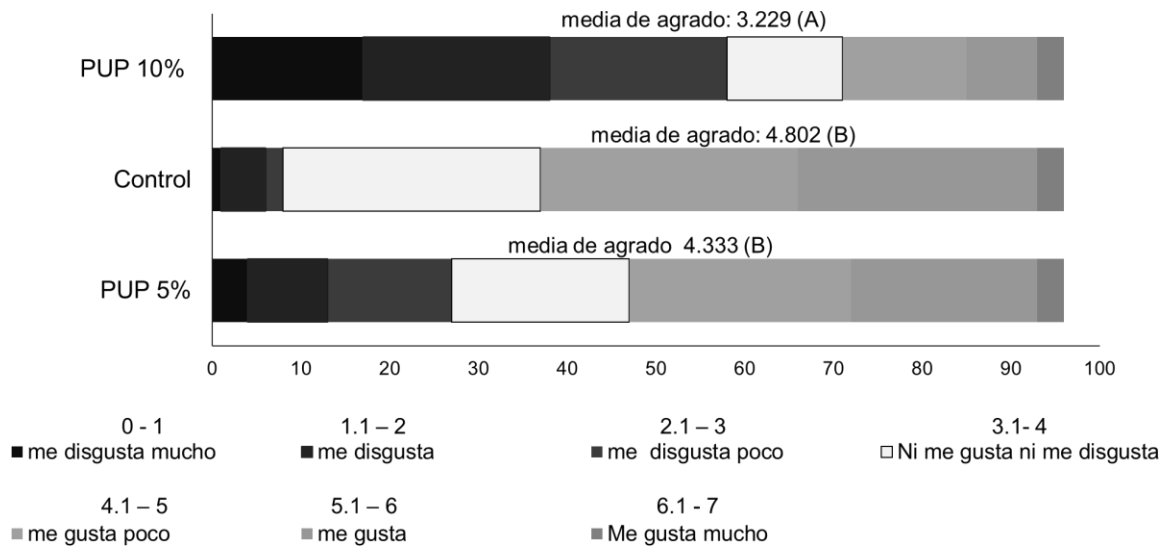


Gráfico 11: Escala hedónica: Los valores marcados con letras diferentes en la media de agrado indican diferencias significativas entre los tratamientos ($p < 0.05$).

Se realizó un mapa de preferencias por medio de un análisis de componentes principales, donde se visualizan los jueces en relación al agrado de los productos, agrupando a los jueces de acuerdo a su preferencia (en porcentaje) para cada muestra en forma de vectores. En el gráfico 12 se observa que las muestras que agrupan el mayor número de jueces fue el control (42 jueces) y PUP 5% (40 jueces), lo que significa que el 43.75% de los jueces prefieren la muestra control y el 41.66% la muestra PUP 5%. Esto tiene relación con el gráfico 11 donde no se encontraron diferencias significativas ($p < 0.05$) entre ambas muestras. Por otra parte, la muestra con menor agrado fue PUP 10% con 14 jueces (14.58 %).

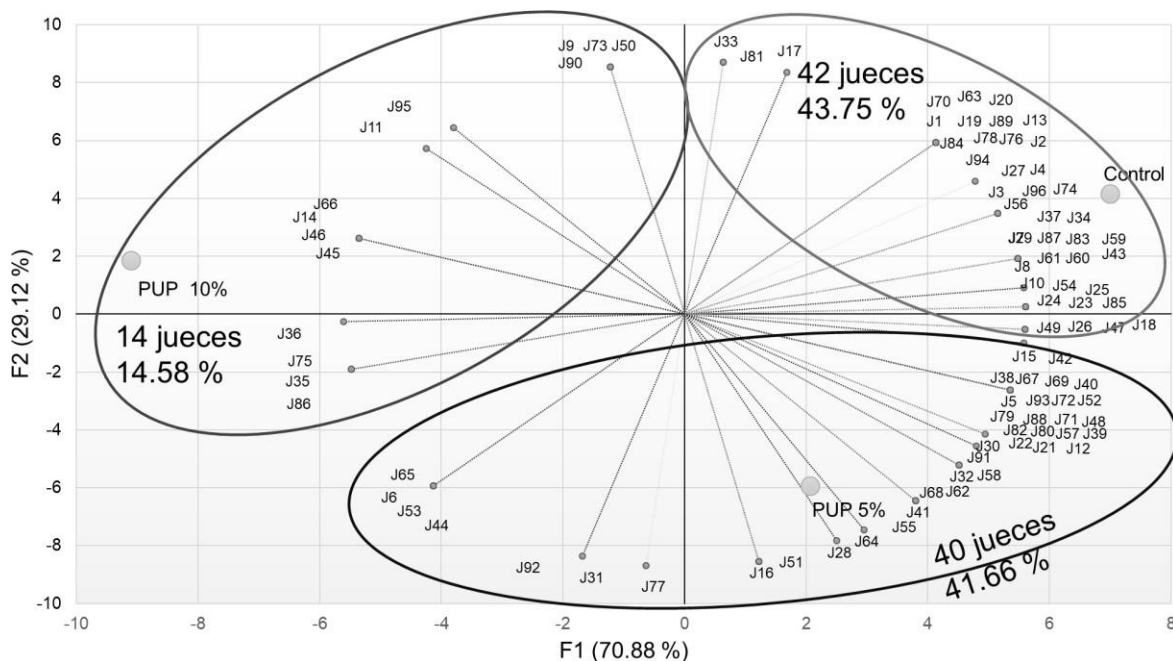


Gráfico 12: Mapa de preferencias mediante un Análisis de componentes principales del nivel de agrado de jueces vs muestras.

8.- CONCLUSIONES.

Las proteínas de chapulín son mayormente insolubles en soluciones acidas, la solubilidad puede aumentar a pH básicos por lo cual para este trabajo se trabajó con soluciones de bicarbonato al 3% para la extracción del concentrado de proteína, también se observó que la sonicación directa en el equipo piezoeléctrico mejora la solubilidad y las propiedades funcionales de la misma. Se observó que los modelos cárnicos cocidos a niveles del 5% y 10% de sustitución de carne por el concentrado de proteína extraído a través de sonicación (PUP) cumplen con las características funcionales de la carne, ya que no mostraron diferencias significativas ($p < 0.05$) en las propiedades fisicoquímicas como A_w , pH, textura, y viscoelasticidad con respecto al control. Sin embargo, se observaron diferencias significativas en color entre las muestras PUP, PA contra el control y en estabilidad de emulsión entre las muestras PUP 5 y 10% con respecto al control.

Para realizar las pruebas sensoriales se observó que todos los tratamientos con PA presentaron las mayores pérdidas por cocción, así como propiedades viscoelásticas más débiles comparadas al control y PUP 5 y 10 %, además la formulación 15% PUP se descartó ya que fue la formulación que presentó el pH más alcalino y los colores más oscuros y rojizos. En los análisis sensoriales se observaron atributos como olor y sabor a rancio, condimentadas y sabor

a hierbas en las muestras que contenían el extracto PUP, además de detectar el color café, estos atributos se le atribuyen al extracto de chapulín ya que no se incorporaron colorantes o especias a la formulación. Las formulaciones control y 5% PUP no presentaron diferencia significativa mostrando un agrado general promedio de “ni me gusta ni me disgusta” con un porcentaje de aceptación de 61.45 y 51.04 %, respectivamente. Se recomienda mejorar la formulación agregando rellenos y colorantes en espera de incrementar la aceptabilidad general de las muestras.

9.- BIBLIOGRAFÍA

- Aaen, R., Brodin, F., Simon, S., Heggset, E., B., y Syverud, K., 2018. Oil-in-Water Emulsions Stabilized by Cellulose Nanofibrils The Effects of Ionic Strength and pH. *Nanomaterials*. 9. 1-14.
- Aguilar José A. “¿Corre o vuela? ¡A la cazuela!” revista del consumidor (consultado: 30/05/18) Disponible en https://www.profeco.gob.mx/revista/publicaciones/adelantos_03/insec_comes_sep_03.pdf
- Albalasmeh, A., Berhe, A. A., Ghezzebel, T. 2013. "A new method for rapid determination of carbohydrate and total carbon concentrations using UV spectrophotometry". *Carbohydrate Polymers*. 97: 253–261.
- Andújar, G., Guerra, M. G. y Santos, R. 2007. La utilización de extensores cárnicos experiencias de la industria cárnica cubana. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). 5.
- Apango, A. 2013. Elaboración de productos cárnicos, SAGARPA, México.
- Ares, G., Antúnez, L., Giménez, A., Roigard, C. M., Pineau, B., Hunter, D. C., Jaeger, S. R. 2014. Further investigations into the reproducibility of check-all-that-apply (CATA) questions for sensory product characterization elicited by consumers. *Food Quality and Preference*. 36: 111–121.
- Arango, G. P. 2015. Los insectos: una materia prima alimenticia promisorio contra la hambruna. *Revista Lasallista de Investigación*. 2: 33-37
- Ares, G, Jaeger, S.R. 2015. Check-all-that-apply (CATA) questions with consumers in practice: experimental considerations and impact on outcome. En: Delarue J., Lawlor B, Rogeaux M (eds) *Rapid sensory profiling techniques*. Woodhead Publishing. 227–245.
- Arzeni, C. 2014. Modificación molecular y funcional de proteínas de clara de huevo mediante

ultrasonidos de alta intensidad: aplicación de esta tecnología al diseño de nanovehículos para ácido fólico (Doctoral dissertation, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Universidad de Buenos Aires).

Bartbut, S. 1994. Protein Gel ultrastructure and functionality. En: Protein Functionality in Food Systems.. N. hettiarachchy y G.R. Ziegler (Eds.). Marcel Dekker. Nueva York.

Bazan, N. 2019. "Compendio estadístico 2018". Consejo mexicano de la carne. CDMX.

Bello, G., Carrera B. E., Díaz M. Y. 2006. Determinación de azúcares reductores totales en jugos mezclados de caña de azúcar utilizando el método del ácido 3,5 dinitrosalicílico ICIDCA. Sobre los Derivados de la Caña de Azúcar. 40: 45-50.

Bloukas, I. y Honikel, K. O. 1992. The influence of additives on the oxidation of pork back fat and its effect on water and fat binding in finely comminuted batters. Meat Science. 32: 31- 43.

Bourne, M. 1982. Texture profile analysis. Food Technology. 7: 62

Bußler, S., Rumpold, B. A., Jander, E., Rawel, H. M., y Schlüter, O. K. 2016. Recovery and techno-functionality of flours and proteins from two edible insect species: Meal worm (*Tenebrio molitor*) and black soldier fly (*Hermetia illucens*) larvae. Heliyon, 2.

Byoung, D. C., Nathan A. K., y Joong-Hyuck, A. 2017. Defatting and Sonication Enhances Protein Extraction from Edible Insects. Department of Food Science and Technology, Chung-Ang University, Anseong 17546, Korea.

Castellanos-Vargas, I., y Cano-Santana, Z. 2009. Historia natural y ecología de *Sphenarium purpurascens* (Orthoptera: Pyrgomorphidae). In: Lot, A. y Cano- Santana, Z. (Comp.). Biodiversidad del Ecosistema del Pedregal de San Ángel. Universidad Nacional Autónoma de México. 337-346.

Castrillón, R. 1996. Empleo de amaranto en productos cárnicos. Memorias de la V Conferencia Internacional sobre Ciencia y Tecnología de los Alimentos, La Habana.

Callister, W. D., Rethwisch D.G. 2006. *Introducción a la ciencia e ingeniería de los materiales*; 2ªed. Barcelona: Reverté.

Choi, B. D., Wong, A. K. y Joong-Hyuck Auh. 2017. Defatting and Sonication Enhances Protein Extraction from Edible Insects. Korean journal of food science animal resource. 37: 955–961.

Choi, Y. S., Park, K. S., Kim, H. W., Hwang, K. E., Song, D. H., Choi, M. S., Lee, S. Y., Paik, H. D., and Kim, C. J. 2013. Quality characteristics of reduced-fat frankfurters with pork fat replaced

by sunflower seed oils and dietary fiber extracted from makgeolli lees. *Meat Science*. 93: 652-658.

Creighton, T.E. 1993. *Proteins: structures and molecular properties*. W.H. Freeman & Co., Nueva York

Corona-Jimenez, E., Martinez, R., Ruiz, H., Carranza, J., 2016. Extracción asistida por ultrasonido de compuestos fenólicos de semillas de chia (*Salvia hispanica* L.) y su actividad antioxidante. *Agrociencia*. 50.

Cruz López, S. O. 2017. Trabajo de servicio social titulado: Estudio de las propiedades tecnológicas de harina obtenida a partir de chapulines comestibles (*Sphenarium purpurascens*). Julio 2017. UAM-I. Clave del servicio social: IA.084.16

Damodaran S. 1997. Food Proteins: An Overview. In: *Food Proteins and Their Applications*. Ed. Marcel Dekker Inc. USA. 1-30.

De Matos, A. D., Magli, M., Marangon, M., Curioni, A., Pasini, G., y Vincenzi, S. 2018. Use of verjuice as an acidic salad seasoning ingredient: evaluation by consumers' liking and Check-All-That-Apply. *European Food Research and Technology*, 244: 2117-2125.

Entendiendo El Espacio de Color CIE L*A*B* Recuperado de <http://sensing.konicaminolta.com.mx/2014/09/entendiendo-el-espacio-de-color-cie-lab/> Consultado: 14/07/2019 a las 09:33 p.m.

Fernández Reyes, E. y Galván Cejudo, A., (s.f.) Métodos para la cuantificación de proteínas. Departamento de Bioquímica y Biología Molecular, Campus Universitario de Rabanales, Edificio Severo Ochoa.

Fenemma, O. 2010. *Química de los Alimentos*. III. Acribia. Zaragoza. España. 1166.

Gibis, M., Schuh, V., Allard, K. y Weiss, J. 2017. Influence of molecular weight and degree of substitution of various carboxymethyl celluloses on unheated and heated emulsion-type sausage models. *Carbohydrate Polymers*. 159: 76–85.

Guéguen J and Cerletti P. 1994. Proteins of some legumes seeds: Soybean, pea, fababean and lupin. En: *New and Developing Sources of Food Proteins*. Hudson, F. (Ed). Chapman and Hall USA. Chap. 6.

Guerrero, C. L. A., Corzo Ríos, L., Betancur Ancona, D. A. 2003. Estructura y propiedades funcionales de proteínas de leguminosas. *Revista de la Universidad autónoma de Yucatán*. 34-43.

Guerrero L. I., Ponce A. Pérez ChMa. 2002. Curso practico de tecnologia de carnes y pescado. Universidad Autónoma Metropolitana: 15-17. Recuperado de <http://publicacionescbs.izt.uam.mx/DOCS/carnes.pdf> Consultado: 26/01/20 a las 08:47 p.m.

Hall, F. G., Jones, O. G., O'Haire, M. E., y Liceaga, A. M. 2016. Functional properties of tropical banded cricket (*Gryllodes sigillatus*) protein hydrolysates. *Food Chemistry*. 224: 414-422

Hall, G.M. 1996. Funtional properties of myofibrillar system and their measurement. En: *Muscle as a food*. P.J.Bechtel (Ed.). Academic Press, Nueva York.

Hleap, J. I., Cardona, L., Agudelo, J., Gomez, A., 2015. Parámetros fisicoquímicos, microbiológicos y sensoriales de salchichas elaboradas con inclusión de quitosano. *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica* 18 (2): 455 - 464

Hleap, J. I., Velasco, V. A. 2012. Parámetros fisicoquímicos durante el almacenamiento de salchichas elaboradas a partir de tilapia roja (*Oreochromis sp.*). *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*. 10: 42 – 50.

Hui, Y. H., Guerrero, I., Rosmini, M. R. 2006. *Ciencia y tecnología de carnes*. Limusa. México. 229-230.

Ibañez C.A.M. 1991. Aislamiento y cacterización parcial de las fracciones proteínicas de avena cubierta variedad Páramo y avena desnuda variedad Dorada. Tesis de maestria ENCB-IPN.

Jambraky, A.R. Mason T.J., Lelas V., Herceg Z., Herceg I.L. 2008. Effect of ultrasound treatment on solubility and foaming properties of whey protein suspensions, *Journal of Food Engineering*. 86: 281–287.

Karki, B., Lamsal, B. P., Jung, S., van Leeuwen, J., Pometto, A. L., Grewell, D., y Khanal, S. K. 2010. Enhancing protein and sugar release from defatted soy flakes using ultrasound technology. *Journal of Food Engineering*. 96: 270-278.

Kim, H.-W., Setyabrata, D., Lee, Y. J., Jones, O. G., y Kim, Y. H. B. 2016. Pre- treated mealworm larvae and silkworm pupae as a novel protein ingredient in emulsion sausages. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*. 38: 116-123.

Kinyuru, J. N., Kenji, G. M., and Njoroge, M. S. 2009. Process development, nutrition and sensory qualities of wheat buns enriched with edible termites (*Macrotermes subhylanus*) from Lake Victoria region, Kenya. *AJFAND*. 9: 1739- 1750.

Konica Minolta. 2014. “ Entendiendo el espacio del color CIE L*a*b* ” recuperado de: <http://sensing.konicaminolta.com.mx/2014/09/entendiendo-el-espacio-de-color-cie-lab/> el

18/02/20 a las 01:23 p.m.

- Knorr, D., Zenker, M., Heinz, V., & Lee, D.-U. 2004. Applications and potential of ultrasonics in food processing. *Trends in Food Science & Technology*. 15: 261- 266.
- Krešić G. Lelas, V., Jambrak A.R., Herceg Z., Brncić S.R. 2008. Influence of novel food processing technologies on the rheological and thermophysical properties of whey proteins, *Journal of Food Engineering*. 87: 64–73.
- Lancaster, B., y Foley, M. 2007. Determining statistical significance for choose- allthat-apply question responses. Seventh Pangborn sensory science symposium, Minneapolis, USA.
- Lawless, H.T. 2009. Comparison of the labeled affective magnitude scale and the 9 point hedonic scale and the examination of categorical behavior. *Journal of Sensory Studies* 25: 54-66.
- Lazaridou, A., y Biliaderis, C. G. 2007. Cryogelation phenomena in mixed skim milkpowder–Barleyβ-glucan–polyol aqueous dispersions. *Food Research International*. 40: 793–802.
- L'Hocine, L., Boye, J. I., and Yves, A. 2006. Composition and functional properties of soy protein isolates prepared using alternative defatting and extraction procedures. *Journal of Food Science*. 71: 137-145.
- Lianqing, S., Xiangyang, W., Zhongyng, W., Yuanfeng, W., and Jianshe, C. 2008, Studies on tea protein extraction using alkaline and anzyme methods, *Food Chemistry*., 107: 929- 938.
- Lee, H., Yildiz, G., dos Santos, L. C., Jiang, S., Andrade, J. E., Engeseth, N. J., y Feng, H. 2016. Soy protein nano-aggregates with improved functional properties prepared by sequential pH treatment and ultrasonication. *Food Hydrocolloid*. 55: 200-209.
- Leal, J., y Jimenez, L. 2015. La capacidad de retención de agua (CRA) de la carne de bovino y posibles genes candidatos. Departamento de Ciencias para la Producción Animal.
- Lee, H., Yildiz, G., dos Santos, L. C., Jiang, S., Andrade, J. E., Engeseth, N. J., y Feng, H. 2016. Soy protein nano-aggregates with improved functional properties prepared by sequential pH treatment and ultrasonication. *Food Hydrocolloid*. 55: 200-209.
- Li, H., Pordesimo, L., & Weiss, J. 2004. High intensity ultrasound-assisted extraction of oil from soybeans. *Food Research International*. 37: 731-738.
- Lim J., A. Wood y B. Green. 2009. Derivation and Evaluation of a Labeled Hedonic Scale. *Chemical Senses*. 34: 739–751
- Lou, Z., Wang, H., Zhang, M., y Wang, Z. 2010. Improved extraction of oil from chickpea under

ultrasound in a dynamic system. *Journal of Food Engineering*. 98: 13-18.

Lu R. y Chen Y. 1998. Characterization of nonlinear elastic properties of beef products under large deformation, *Transactions of the ASAE*. 41: 163-168.

García-San Miguel., M. 2016. "Tratamientos hidrotérmicos para la revalorización de lodos de industria alimentaria: obtención de proteínas e hidratos de carbono". Universidad de Oviedo.

Mangino, M. E. 1994. Protein interactions in emulsions: protein-lipid interactions. En: *Protein Functionality in food systems*. N. Hettiarachchy y G. R. Ziegler (Eds). Marcel Dekker. New York.

Mason, T. J., y Cordemans, E. D. 1996. Ultrasonic intensification of chemical processing and related operations - A review. *Transactions of the Institute of Chemical Engineers*. 74: 511-516.

Meiselman, H.L. y H.G Schutz. 2002. History of food acceptance research in the US Army (en línea). US Army research. Disponible en: https://books.google.com.mx/books?id=F_A-YtWXF3gC&printsec=frontcover&source=gbs_ViewAPI&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false.

Meyners, M., y Castura, J., C., 2017. Check all that apply questions. Preprint from Varela & Ares: *Novel Techniques in Sensory Characterization and Consumer Profiling*.

Mezger, T. G. 2011. *The Rheology Handbook*; 3ª ed. Hannover, Alemania. Vincentz Network.

Miller G.L. 1959. The use of dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducing sugar. *Analytical Chemistry*, 31: 426-42

Mitsyk, V. E.; Mikhailovkii, V. S.; Dzhurik, N. P.; Samofalova, L. A. y Pritulskaya, A. V. 1983. Use of vegetable proteins in sausage products manufacture. *Pishchevaya Promyshlennost*. 1: 44-47.

NMX-F-065-1984. Alimentos. salchichas. especificaciones. foods. sausage. specifications. normas mexicanas. dirección general de normas.

NOM-213-SSA1-2018, Productos y servicios. Productos cárnicos procesados. Especificaciones sanitarias. Métodos de prueba.

Oechsle, A. M., Wittmann, X., Gibis, M., Kohlus, R., y Weiss, J. 2014. Collagenentanglement influenced by the addition of acids. *European Polymer Journal*, 58: 144–156.

Omotoso, O. T. 2006. Nutritional quality, functional properties and anti-nutrient compositions of the larva of *Cirina forda* (Westwood) (Lepidoptera: *Saturniidae*). *J. Zhejiang. Universitas Scientiarum*. B 7: 51-55

Park, Y-S, Choi, Ko-Eun, H., Kim T-K., Lee, C-W., Shin, D-M., y Sung Gu Han 2017. Physicochemical Properties of Meat Batter Added with Edible Silkworm Pupae (*Bombyx mori*) and Transglutaminase. Korean Journal for Food Science of Animal Resources. 37: 351-359

Peleg, M. 1976. Texture profile analysis parameters obtained by an INSTRON universal testing machine, Journal of Food Science. 41: 721-722.

Practica 5: Métodos para la cuantificación de nitrógeno y proteína: <http://www.lagos.udg.mx/LabDCTV/getfile.php?id=255> (consultado 02/01/2017).

Ramos-Elorduy, J., Carbajal Valdés, L. A., y Pino Moreno, J. M. 2012. Socio- economic and cultural aspects associated with handling grasshopper germplasm in traditional markets of Cuautla, Morelos, Mexico. Journal of Human Ecology, 40: 85- 94.

Ramos-Elorduy, J., Pino, J. M., y Morales de León, J. 2002. Análisis químico proximal, vitaminas y nutrimentos inorgánicos de insectos consumidos en el estado de Hidalgo, México. Folia entomológica mexicana. 41: 15-29.

Raymond C., Kenneth A. G. 2013. revisión técnica, Rodolfo Álvarez Manzo, Silvia Ponce. *Química* (11a. ed. edición). México; Madrid.Ed: MacGraw-Hill.

Robles-Ozuna, L.E, Ochoa-Martínez, L.A. 2012. Ultrasonido y sus aplicaciones en el procesamiento de alimentos. Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha, Recuperado de <http://www.redalyc.org/pdf/813/81325441002.pdf> Consultado: 16/07/19 a las 08:38 p.m.

Ricochon, G., Muniglia, L. 2010. Influence of enzymes on the oil extraction processes in aqueous media. OCL.17: 356-359.

Rumpold, B. A. Schlüter, O. K. 2013. Potential and challenges of insects as an innovative source for food and feed production. Innovative Food Science and Emerging Technologies. 17: 1-11.

Saavedra, C. N., Isuiza, G. G. 2018. Determination of the sensory texture profile of two experimental chicken hot-dog samples obtained by Kansei Engineering Type II. G. G. Puma & C. Núñez / Anales Científicos 79 (1): 210 - 217

Saleem, R., y Ahmad, R. 2016. Effect of ultrasonication on secondary structure and heat induced gelation of chicken myofibrils. Journal of food science and technology, 53: 3340-3348.

Segura-nieto M. y Jiménez-Flores R. 1999. Genetic modifications of plant seed storage proteins for food production. In: Molecular Biotechnology for Plant Food Production. Technomic Publishing Co. Inc. USA. 411-474

Serrano-Limón, G. y J. Ramos-Elorduy. 1989. Biología de *Sphenarium purpurascens*

(Charpentier) y algunos aspectos de su comportamiento (Orthoptera: *Acrididae*). Anales del Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, Ser. Zool., 59: 139-152.

Sidel, J y Stone, H. 1993. The role of sensory evaluation in the food industry. *Journal of Food Quality and Preference*. 4:65-73

Smith, D.M. y Culberson, J.D. 2000. Proteins: Functional Properties. En: *Food Chemistry: Principles and Applications*. J. Scott-Smith (Ed.). Science Technology System, West Sacramento, California.

Soria Chico M. Y., Canchola Alvizo M. G., González Martínez D. M., Torres Bravo A. M. 2016. "Elaboración de una botana tipo fritura adicionada con haba y chapulín" Tecnológico de Estudios Superiores de Ecatepec.

Spell, L., y Bressani, R., Preparación y caracterización química y nutricional de la proteína foliar de la chaya (*cnidoscolus aconitifolius*). *Revista de la Universidad del Valle de Guatemala*, 54-60.

Stantey, D.W. y Tung, M.A. 1976. Microstructure and its relation to texture. En: *Rheology and Texture in food Quality*. J.M. DeMan, P.W. Voisey, V.F. Rasper, D.W. Stanley (Eds). The Avi Publishing Co., Inc. Westport, Connecticut.

Stone, H., y Sidel, J. L. 2007. Sensory research and consumer-led food product development. In H. J. H. MacFie (Ed.), *Consumer-led food product development*. Cambridge, England: Woodhead Publishing Limited. 307–320

Tang C.H., Wang X.Y., Yang, X.Q. L. Li, 2009. Formation of soluble aggregates from insoluble commercial soy protein isolate by means of ultrasonic treatment and their gelling properties, *Journal of Food Engineering*. 92: 432–437.

Téllez, C. S. (2016). Estudio de las propiedades funcionales de aditivos en el análisis de perfil de textura en jamon cocido.

Terrell. 1980. What's going on inside that casing? *Meat Industry*. 51: 56-57. *Texture Technologies (S/F)*. *Texture Profile Analysis: texture profile analysis definitions*. Disponible en: <https://texturetechnologies.com/resources/texture-profile-analysis> Consultado: 16/07/2019 a las 09:18 p.m.

Torberg, E. 1996. Biophysical aspects of meat tenderness. *Meat Science*. 43: 175- 191.

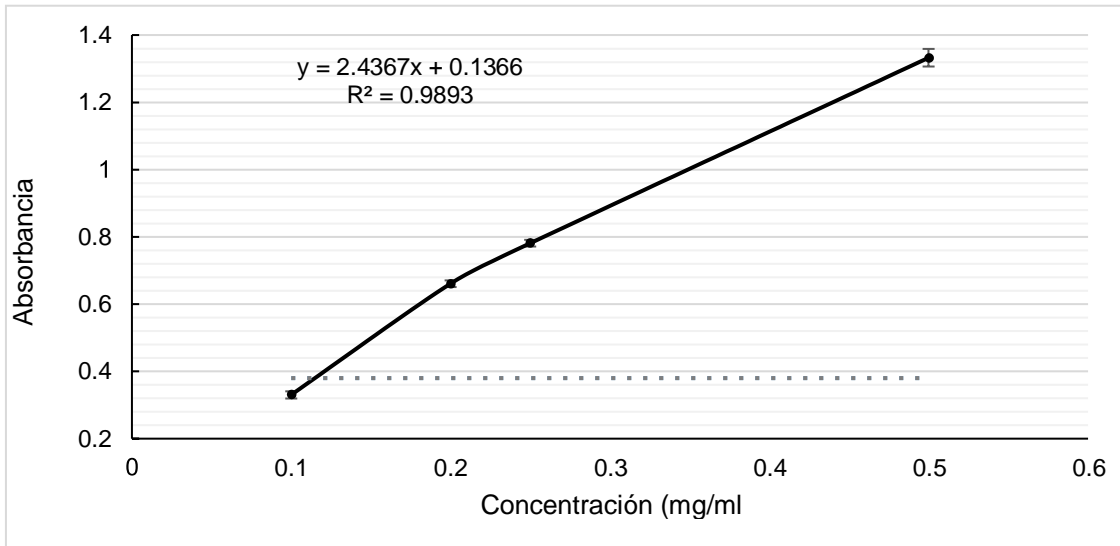
Totosaus, A. 2007. Productos cárnicos emulsionados bajos en grasa y sodio. *Nacameh*. 1: 53-66.

- Ulloa, J. A., Ulloa, P. R., Ramírez, J. C. R., y Rangel, B. E. U. 2013. Ultrasonido: aplicaciones en el campo de los alimentos. Revista Fuente nueva época.
- Van Huis, A., Van Itterbeeck, J., Klunder, H., Mertens, E., Halloran, A., Muir, G., y Vantomme, P. 2013. Edible insects: future prospects for food and feed security (No. 171). Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO).
- Virich, L.Ya., Pivovarov, P. P., Zhamkochyan, L. F. y Petukhova, N. M. 1977. Possible utilization of protein isolate from sunflower seed for preparing meals in public catering. Voprosy Pitaniya. 3: 88-90.
- Vojdani, F. 1996. Solubility. En: Methods of testing protein functionality. G.M. Hall (Ed.). Blackie Academic and Professional, Nueva York.
- Wang, W., Wang, N., Liu, C., and Jin, J. 2017 Effect of silkworm pupae peptide on the fermentation and quality of yogurt. Journal of Food Processing and Preservation. 41: 1-7.
- Weiss, J., Kristbergsson, K., y Kjartansson, G. T. 2011. Engineering food ingredient with high-intensity ultrasound. En H. Feng, G. V. Barbosa-Canovas y J. Weiss (Eds.), Ultrasoundtechnologies for food and bioprocessing. 239-285.
- Williams, A. A., & Langron, S. P. 1984. The use of free-choice profiling for the evaluation of commercial ports. Journal of the Science of Food and Agriculture. 35: 558–568.
- Wirth, F. 1992.Tecnología de los embutidos escaldados. F. Wirth (Ed.). Editorial Acribia, Zaragoza, España.
- Yang, Z. R. Y. 2003. The extracting technology of flavonoids compounds [1]. Food and Machinery. 1: 007.
- Zhang, Z., Regenstein, J. M., Zhou, p., Yang, Y. 2016. Effects of high intensity ultrasound modification on physicochemicalproperty and water in myofibrillar protein gel. Ultrasonics Sonochemistry. 34: 960-967

ANEXOS

Anexo A: Cuantificación de proteína soluble

La cuantificación de proteína se llevó a cabo de acuerdo al método de Bradford con algunas modificaciones. Los diferentes liofilizados obtenidos y los pellet se pesaron y homogenizaron en 500 μ L de agua destilada. Para realizar la reacción, se mezclaron 500 μ L del reactivo de Bradford (10 mg Coomassie Brilliant Blue G- 250 (Bio-rad), 4.7 ml etanol absoluto (J.T.Baker), 10 ml ácido fosfórico al 85%) con 50 μ L de las muestras problema (liofilizado o pellets), las reacciones se dejaron a temperatura ambiente durante 10 minutos en oscuridad y finalmente se determinó la absorbancia en un espectrofotómetro (Thermo scientific modelo GENESYS 10s UV-VIS) a 595 nm frente a un blanco (reacción sin muestra). Las concentraciones de proteína se determinaron por la interpolación en una curva tipo elaborada a partir de albumina sérica bovina (sigma) con concentraciones de 0.1 mg/mL – 0.5 mg/mL. Finalmente, la concentración de proteína se reportó como mg PSC/g PDC. La condición de pH, solución y método de concentración (liofilización o precipitación) en el que se presentó la mayor cuantificación de proteína soluble fue utilizado para evaluar los métodos de extracción.



Grafica A1: Curva tipo Bradford

ANEXO B: Curva estándar de azúcares reductores y totales

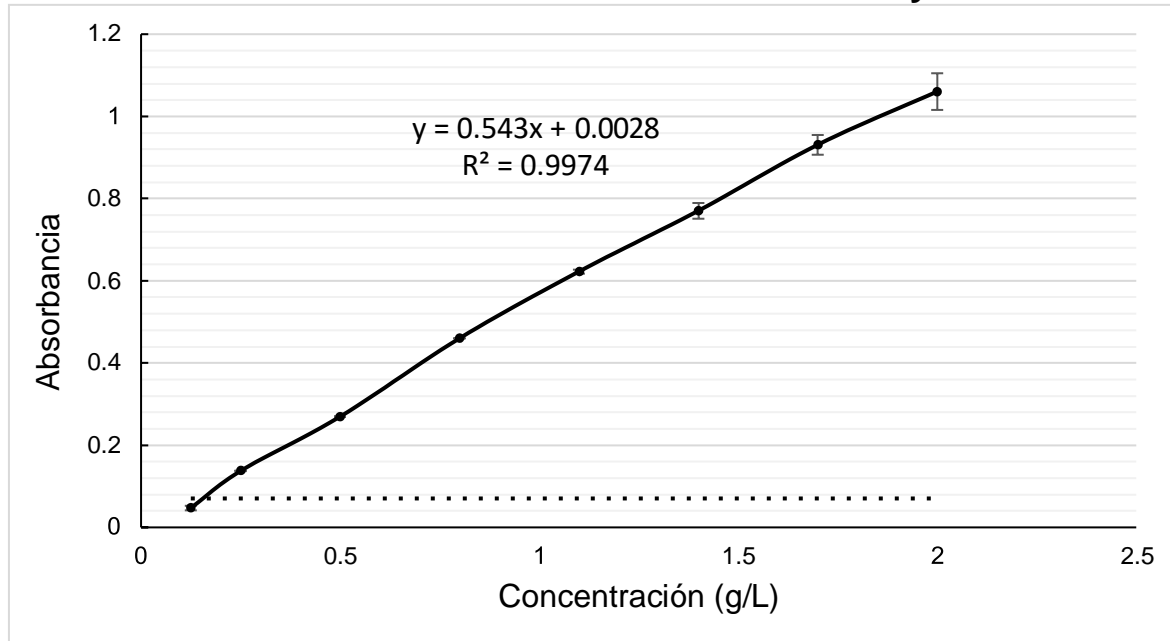


Gráfico B2: Curva patrón para azúcares reductores (DNS).

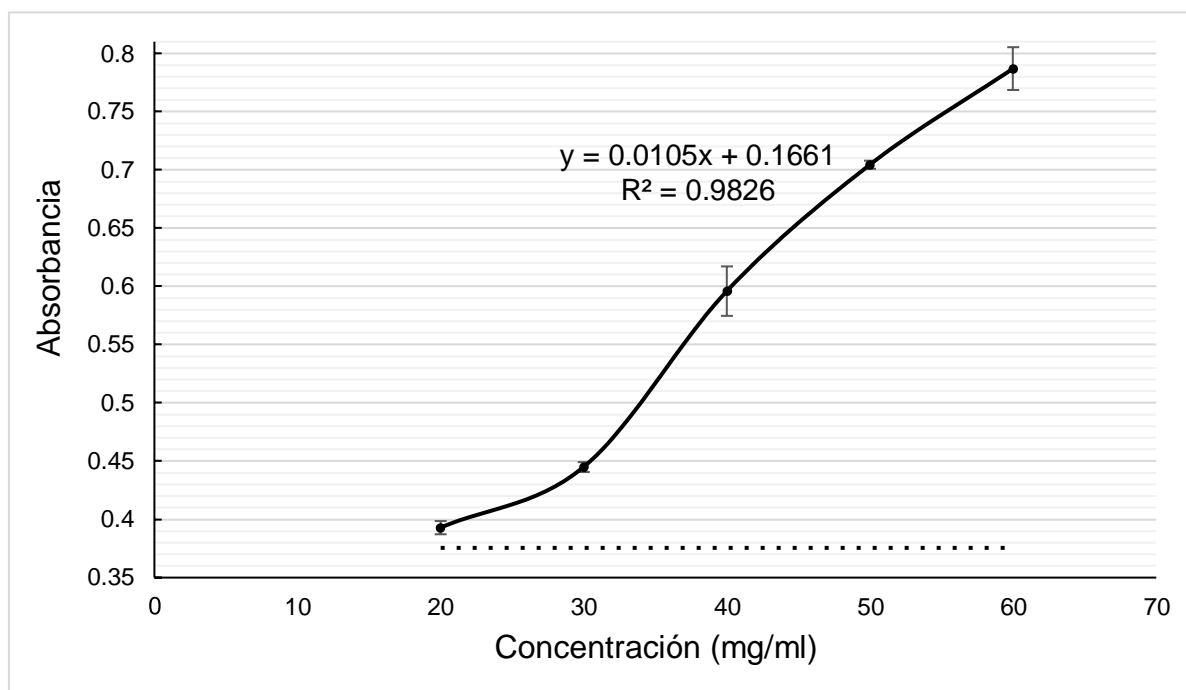


Gráfico B3: Curva patrón para determinar azúcares totales.

ANEXO C: Análisis estadístico

Tabla C1: Anova porcentaje de grasa en chapulín en diferentes tiempos.

Fuente	GDL	Suma de los cuadrados	Media de los cuadrados	F	Pr > F
Modelo	2	135.704	67.852	83.273	0.002
Error	3	2.444	0.815		
Total corregido	5	138.148			

Tabla C2: Test LSD Fisher porcentaje de grasa en chapulín en diferentes tiempos. (Análisis de las diferencias entre las categorías con un intervalo de confianza de 95%)

Categoría	Media estimada	Grupos
a		
72 h	2.333	A
48 h	5.667	A
24 h	13.667	B

Tabla C3: Anova concentración de proteína en PDC a distintos pH

Fuente	GDL	Suma de los cuadrados	Media de los cuadrados	F	Pr > F
Modelo	8	744.443	93.055	924.363	< 0.0001
Error	9	0.906	0.101		
Total					

corregido 17 745.349

Tabla C4: Test LSD Fisher concentración de proteína en PDC a distintos pH. (Análisis de las diferencias entre las categorías con un intervalo de confianza de 95%)

Categoría	Media estimada	Grupos	
3	3.611	A	
1	4.078	A	B
2	4.140	A	B
4	4.206	A	B
5	5.006		B
6	10.986		C
7	17.316		D
8	17.953		D
9	19.327		E

Tabla C5: Anova dos vías con interacción tratamientos * tiempo (ácido ascórbico 10 mM, NaCl 1%, mezcla ácido ascórbico-NaCl, NaHCO₃ 3%)

Fuente	GDL	Suma de los cuadrados	Media de los cuadrados	F	Pr > F
Modelo	23	3052.888	132.734	2150.402	< 0.0001
Error	24	1.481	0.062		
Total corregido	47	3054.370			

Tabla C6: Test LSD Fisher tratamientos * tiempo (ácido ascórbico 10 mM, NaCl 1%, mezcla ácido ascórbico-NaCl, NaHCO₃ 3%) (Análisis de las diferencias entre las categorías con un intervalo de confianza de 95%)

Categoría	Media	Grupos
-----------	-------	--------

estimada		
T0*ascórbico	2.318	A
T0* NaCl	2.990	B
T0*mezcla	3.107	B C
T5*ascórbico	3.185	B C D
T5* NaCl	3.201	B C D
T5*mezcla	3.507	C D E
T15* NaCl	3.629	D E F
T15*ascórbico	3.812	E F
T30*ascórbico	3.818	E F
T30* NaCl	3.912	E F
T40* NaCl	3.996	E F G
T15*mezcla	4.040	F G
T30*mezcla	4.079	F G H
T50* NaCl	4.107	F G H
T40*ascórbico	4.118	F G H
T40*mezcla	4.429	G H
T50*ascórbico	4.429	G H
T50*mezcla	4.584	H
T0* NaHCO3 preci	14.960	I
T15* NaHCO3 preci	20.463	J
T5* NaHCO3 preci	21.000	K
T30* NaHCO3 preci	22.121	L
T40* NaHCO3 preci	25.225	M
T50* NaHCO3 preci	26.043	N

Tabla C7: Anova dos vias con interacción tratamientos * tiempo (NaHCO33% precipitado vs liofilizado)

Fuente	GDL	Suma de los cuadrados	Media de los cuadrados	F	Pr > F
Modelo	11	449.896	40.900	159.286	< 0.000
Error	12	3.081	0.257		
Total corregido	23	452.977			

Tabla C8: Test LSD Fisher tratamientos * tiempo (NaHCO33% precipitado vs liofilizado) (Análisis de las diferencias entre las categorías con un intervalo de confianza de 95%)

Categoría	Media estimada	Grupos
T0* NaHCO3preci	14.960	A
T15* NaHCO3preci	20.463	B
T5* NaHCO3preci	21.000	B
T30* NaHCO3preci	22.121	C
T0* NaHCO3lio	23.533	D
T40* NaHCO3preci	25.225	E
T5* NaHCO3lio	25.311	E
T50* NaHCO3preci	26.043	E
T15* NaHCO3lio	26.895	F
T30* NaHCO3lio	28.255	G
T40* NaHCO3lio	29.629	H
T50* NaHCO3lio	31.512	I

Tabla C9: Anova con interacción tratamientos * tiempo (PUP. PA, PBU)

Fuente	G DL	Suma de los cuadrados	Media de los cuadrados	F	Pr > F
Modelo	20	30409.195	1520.460	4139.809	< 0.000

Error	21	7.713	0.367
Total	41	30416.908	

corregido

Tabla C10: Test LSD Fisher tratamientos * tiempo (PUP, PA, PBU) (Análisis de las diferencias entre las categorías con un intervalo de confianza de 95%)

Categoría	Media estimada	Grupos	
T0*PBU	17.632	A	
T0*PA	21.839	B	
T5*PA	23.552	C	
T0*PUP	23.737	C	
T5*PBU	30.621	D	
T10*PA	31.042	D	E
T15*PA	31.935		E
T20*PA	32.130		E F
T15*PBU	33.207		F
T10*PBU	33.207		F
T20*PBU	35.864		G
T25*PA	36.346		G
T25*PBU	36.387	G	
T30*PA	37.075	G	
T30*PBU	40.625	H	
T5*PUP	52.009	I	
T10*PUP	79.033	J	
T15*PUP	90.955	K	
T20*PUP	96.003	L	
T25*PUP	96.885	L	
T30* PUP	100.907	M	

Tabla C11: Anova para porcentaje de proteína total en PUP y PA obtenidos a partir de PDC.

Fuente	G	Suma de los cuadrados	Media de los cuadrados	F	Pr > F
Modelo	1	9.584	9.584	16.900	0.015
Error	4	2.269	0.567		
Total corregido	5	11.853			

Tabla C12: Test LSD Fisher para porcentaje de proteína total en PUP y PA obtenidos a partir de PDC.

Categoría	Media estimada	Grupos
PA	12.056	A
PUP	14.583	B

Tabla C13: Anova para azúcares reductores en PUP y PA obtenidos a partir de PDC.

Fuente	G	Suma de los cuadrados	Media de los cuadrados	F	Pr > F
Modelo	1	0.000	0.000	19.017	0.005
Error	6	0.000	0.000		
Total corregido	7	0.000			

Tabla C14: Test LSD Fisher para azúcares reductores en PUP y PA obtenidos a partir de PDC.

Categoría	Media estimada	Grupos
PA	0.020	A
PUP	0.023	B

Tabla C15: Anova para azucares totales en PUP y PA obtenidos a partir de PDC.

Fuente	G	Suma de los cuadrados	Media de los cuadrados	F	Pr > F
Modelo	1	0.000	0.000	8.6	0.04
				20	3
Error	4	0.000	0.000		
Total	5	0.000			

corregido

Tabla C16: Test LSD Fisher para azucares totales en PUP y PA obtenidos a partir de PDC.

Categoría	Media estimada	Grupos
PA	0.075	A
PUP	0.088	B

Tabla C17: Anova para actividad de agua en PUP y PA obtenidos a partir de PDC.

Fuente	G	Suma de los cuadrados	Media de los cuadrados	F	Pr > F
Modelo	1	0.002	0.002	124.5	0.00
				21	0
Error	4	0.000	0.000		
Total	5	0.002			

corregido

Tabla C18 Test LSD Fisher para actividad de agua en PUP y PA obtenidos a partir de PDC.

Categoría	Media estimada	Grupos
PUP	0.317	A
PA	0.356	B

Tabla C19: Anova para luminosidad (L*) en PUP y PA obtenidos a partir de PDC.

Fuente	G	Suma de los cuadrados	Media de los cuadrados	F	Pr >
--------	---	-----------------------	------------------------	---	------

	DL	cuadrados	cuadrados	F	
Modelo	1	7.096	7.096	160.5	0.00
				27	6
Error	2	0.088	0.044		
Total	3	7.184			
corregido					

Tabla C20: Test LSD Fisher para luminosidad (L*) en PUP y PA obtenidos a partir de PDC.

Catego	Media	Grup
ría	estimada	os
PUP	57.696	A
PA	60.360	B

Tabla C21: Anova para (a*) en PUP y PA obtenidos a partir de PDC.

Fuente	GDL	Suma de los	Media de los	F	Pr >
		cuadrados	cuadrados		F
Modelo	1	0.070	0.070	1.010	0.4
					21
Error	2	0.138	0.069		
Total	3	0.207			
corregido					

Tabla C22: Test LSD Fisher para (a*) en PUP y PA obtenidos a partir de PDC.

Catego	Media	Grup
ría	estimada	os
PUP	5.726	A
PA	5.990	A

Tabla C23: Anova para (b*) en PUP y PA obtenidos a partir de PDC.

Fuente	G	Suma de los cuadrados	Media de los cuadrados	F	Pr > F
Modelo	1	9.584	9.584	16.900	0.015
Error	4	2.269	0.567		
Total corregido	5	11.853			

Tabla C24: Test LSD Fisher para (b*) en PUP y PA obtenidos a partir de PDC.

Categoría	Media estimada	Grupos
PUP	20.986	A
PA	22.196	A

Tabla C25: Anova para estabilidad de la emulsión con PUP y PA como extensor.

Fuente	G	Suma de los cuadrados	Media de los cuadrados	F	Pr > F
Modelo	6	33.482	5.580	10.074	0.004
Error	7	3.877	0.554		
Total corregido	13	37.359			

Tabla C26: Test LSD Fisher para estabilidad de la emulsión con PUP y PA como extensor

Categoría	Media estimada	Grupos
PUP 5%	3.300	A
PUP 10%	4.300	A
PUP	6.375	B

15%		
Control	6.500	B
PA 5%	6.550	B
PA 10%	7.375	B
PA 15%	8.000	B

Tabla C27: Anova para % de pérdidas por cocción de la emulsión con PUP y PA como extensor

Fuente	G	Suma de los	Media de los	F	Pr > F
	DL	cuadrados	cuadrados		
Modelo	6	48.522	8.087	12.3	0.00
Error	7	4.596	0.657	16	2
Total	13	53.118			

corregido

Tabla C28: Test LSD Fisher para % de pérdidas por cocción de la emulsión con PUP y PA como extensor

Categoría	Media estimada	Grupos
PA 5%	7.250	A
Control	7.470	A
PUP	8.500	A B
15%		
PUP	8.975	A B
10%		
PUP	9.450	B
5%		
PA	11.600	C
10%		
PA	12.575	C

15%

Tabla C29: Anova para actividad de agua con PUP y PA como extensor

Fuente	G	Suma de los cuadrados	Media de los cuadrados	F	Pr > F
	DL				
Modelo	6	0.005	0.001	34.0	< 0.0001
Error	21	0.001	0.000		
Total	27	0.006			

corregido

Tabla C30: Test LSD Fisher para actividad de agua con PUP y PA como extensor

Categoría	Media estimada	Grupos
PA	0.945	A
15%		
PUP	0.951	A
15%		
PUP	0.968	B
10%		
PA	0.970	B
10%		
Control	0.977	C
PA 5%	0.979	C
PUP	0.984	C
5%		

Tabla C31: Anova para pH con PUP y PA como extensor.

Fuente	G	Suma de los cuadrados	Media de los cuadrados	F	Pr > F
	DL				

Modelo	6	17.794	2.966	423.9	<
				62	0.000
					1
Error	21	0.147	0.007		
Total	27	17.941			
corregido					

Tabla C32: Test LSD Fisher para pH con PUP y PA como extensor

Categoría	Media estimada	Grupos
Control	6.535	A
PUP 10%	7.128	B
PUP 5%	7.218	B
PA 5%	7.495	C
PA 10%	8.418	D
PA 15%	8.680	E
PUP 15%	8.713	E

Tabla C33: Anova para L* en salchichas con PUP y PA como extensor

Fuente	G	Suma de los cuadrados	Media de los cuadrados	F	Pr > F
Modelo	6	643.960	107.327	4.1	0.04
				74	2
Error	7	179.977	25.711		
Total	13	823.937			
corregido					

Tabla C34: Test LSD Fisher para L* en salchichas con PUP y PA como extensor

Categoría	Media estimada	Grupos
PUP 15%	50.628	A
PA 10%	56.380	A
PUP 10%	56.558	A
PA 15%	56.604	A
PA 5%	58.179	A
PUP 5%	59.481	A
Control	74.249	B

Tabla C35: Anova para a* en salchichas con PUP y PA como extensor

Fuente	GDL	Suma de los cuadrados	Media de los cuadrados	F	Pr > F
Modelo	6	20.649	3.442	5.716	0.019
Error	7	4.214	0.602		
Total corregido	13	24.864			

Tabla C36: Test LSD Fisher para a* en salchichas con PUP y PA como extensor

Categoría	Media estimada	Grupos
Control	1.755	A
PUP	4.830	B

5%		
PA 5%	5.113	B
PA	5.220	B
10%		
PUP	5.263	B
10%		
PA	5.361	B
15%		
PUP	5.364	B
15%		

Tabla C37: Anova para b* en salchichas con PUP y PA como extensor

Fuente	G	Suma de los cuadrados	Media de los cuadrados	F	Pr > F
Modelo	6	91.620	15.270	10.9	0.00
Error	7	9.789	1.398	20	3
Total	13	101.408			

corregido

Tabla C38: Test LSD Fisher para b* en salchichas con PUP y PA como extensor

Categoría	Media estimada	Grupos
Control	13.185	A
PUP	18.401	B
5%		
PA	19.825	B
15%		
PUP	20.470	B
10%		
PUP	20.493	B

15%		
PA	20.746	B
10%		
PA 5%	20.916	B

Tabla C39: Anova para dureza en salchichas con PUP y PA como extensor

Fuente	G	Suma de los cuadrados	Media de los cuadrados	F	Pr > F
Modelo	6	0.191	0.032	2.306	0.149
Error	7	0.097	0.014		
Total corregido	13	0.288			

Tabla C40: Test LSD Fisher para dureza en salchichas con PUP y PA como extensor.

Categoría	Media estimada	Grupos
PA 5%	0.675	A
PUP 5%	0.842	A B
PUP 10%	0.866	A B
PA 10%	0.883	A B
PA 15%	0.946	A B
PUP 15%	1.002	B
Control	1.066	B

Tabla C41: Anova para Cohesividad en salchichas con PUP y PA como extensor.

Fuente	G	Suma de los cuadrados	Media de los cuadrados	F	Pr > F
Modelo	6	0.018	0.003	0.696	0.662
Error	7	0.030	0.004		
Total corregido	13	0.048			

Tabla C42: Test LSD Fisher para Cohesividad en salchichas con PUP y PA como extensor.

Categoría	Media estimada	Grupos
PA 5%	0.685	A
PUP 15%	0.748	A
PA 15%	0.768	A
PUP 5%	0.768	A
PUP 10%	0.770	A
Control	0.798	A
PA 10%	0.800	A

Tabla C43: Anova para Fracturabilidad en salchichas con PUP y PA como extensor.

Fuente	GDL	Suma de los cuadrados	Media de los cuadrados	F	Pr > F
Modelo	6	0.091	0.015	0.754	0.627
Error	7	0.141	0.020		

Total	13	0.233
-------	----	-------

corregido

Tabla C44: Test LSD Fisher para Fracturabilidad en salchichas con PUP y PA como extensor.

Categoría	Media estimada	Grupos
PUP 10%	0.957	A
PA 5%	0.981	A
PA 10%	1.006	A
PUP 5%	1.015	A
PA 15%	1.107	A
PUP 15%	1.124	A
Control	1.193	A

Tabla C45: Anova para Elasticidad en salchichas con PUP y PA como extensor.

Fuente	G	Suma de los cuadrados	Media de los cuadrados	F	Pr > F
Modelo	6	0.124	0.021	2.9	0.09
Error	7	0.050	0.007	15	4
Total	13	0.173			

corregido

Tabla C46: Test LSD Fisher para Elasticidad en salchichas con PUP y PA como extensor.

Categoría	Media estimada	Grupos
-----------	----------------	--------

PUP 15%	3.423	A
Control	3.595	A B
PUP 10%	3.613	A B
PA 15%	3.630	B
PUP 5%	3.658	B
PA 10%	3.710	B
PA 5%	3.733	B

Tabla C47: Anova para Adhesividad en salchichas con PUP y PA como extensor.

Fuente	GDL	Suma de los cuadrados	Media de los cuadrados	F	Pr > F
Modelo	6	0.025	0.004	1.7	0.24
Error	7	0.017	0.002	29	5
Total corregido	13	0.042			

Tabla C48: Test LSD Fisher para Adhesividad en salchichas con PUP y PA como extensor.

Categoría	Media estimada	Grupos
PA 10%	0.250	A
PA 5%	0.253	A
Control	0.255	A B
PA 15%	0.273	A B

PUP	0.278	A B
15%		
PUP	0.328	A B
10%		
PUP	0.370	B
5%		

Tabla C49: Anova para firmeza en salchichas con PUP y PA como extensor.

Fuente	G	Suma de los cuadrados	Media de los cuadrados	F	Pr > F
Modelo	6	0.123	0.020	2.9	0.09
Error	7	0.048	0.007	47	2
Total corregido	13	0.171			

Tabla C50: Test LSD Fisher para firmeza en salchichas con PUP y PA como extensor.

Categoría	Media estimada	Grupos
PA 5%	0.623	A
PUP 10%	0.740	A B
PUP 5%	0.778	A B C
PA 10%	0.807	A B C
PUP 15%	0.844	B C
PA 15%	0.849	B C
Control	0.947	C

Tabla C51: Anova para masticabilidad en salchichas con PUP y PA como extensor.

Fuente	GDL	Suma de los cuadrados	Media de los cuadrados	F	Pr > F
Modelo	6	152.713	25.452	2.4	0.13
Error	7	72.466	10.352	59	2
Total corregido	13	225.179			

Tabla C52: Test LSD Fisher para masticabilidad en salchichas con PUP y PA como extensor.

Categoría	Media estimada	Grupos
PA 5%	22.650	A
PUP 15%	25.600	A
PUP 10%	26.153	A B
PUP 5%	27.935	A B
PA 10%	29.433	A B
PA 15%	30.260	A B
Control	33.605	B

Tabla C53: Friedman para determinar diferencias significativas en en salchichas con PUP y PA como extensor utilizando escala hedónica.

Sample	Frequency	Sum of ranks	Mean of ranks	Groups
PUP	96	139.000	1.448	A

10%				
PUP	96	202.500	2.109	B
5%				
Control	96	234.500	2.443	B

Anexo D: Cuestionario prueba sensorial.

UAM-Iztapalapa, Octubre-2019

Nombre: ____ Edad: _ Genero: _____

Instrucciones: De la lista de atributos que se te presentan a continuación, marca todos los que detectes en la muestra **848**, puedes seleccionar desde uno hasta todos los que aparecen, si detectas algún otro por favor anótalo.

Apariencia	Olor	Sabor	Textura
Porosa	Olor butírico	Salada	Suave
Homogénea	Olor a cebolla	Condimentada	Lisa
Rojiza	Olor a vinagre	Knorsuiza	Plastica
Rosa	Olor a pimienta	Amarga	Firme/dura
Compacta	Olor a hierbas	Dulce	Grasosa
Brillante	Olor Rancio	Sabor a hierbas	Elástica
Café	Olor a carne de cerdo	Rancio	Pastosa
Oscura	Olor a ajo	Sabor a carne de cerdo	Seca
Clara			Húmeda
			Gomosa
			Granulosa

¿Qué tanto te gusta en agrado global la muestra 848?

Me disgusta mucho	Me disgusta	Me disgusta poco	Ni me gusta ni me disgusta	Me gusta poco	Me gusta	Me gusta mucho
-------------------	-------------	------------------	----------------------------	---------------	----------	----------------

¿Qué tanto te gusta en color la muestra 848?

Me disgusta mucho	Me disgusta	Me disgusta poco	Ni me gusta ni me disgusta	Me gusta poco	Me gusta	Me gusta mucho
-------------------	-------------	------------------	----------------------------	---------------	----------	----------------

Instrucciones: De la lista de atributos que se te presentan a continuación, marca todos los que detectes en la muestra **392**, puedes seleccionar desde uno hasta todos los que aparecen, si detectas algún otro por favor.

Anexo E: Gráficos de frecuencias pruebas sensoriales.

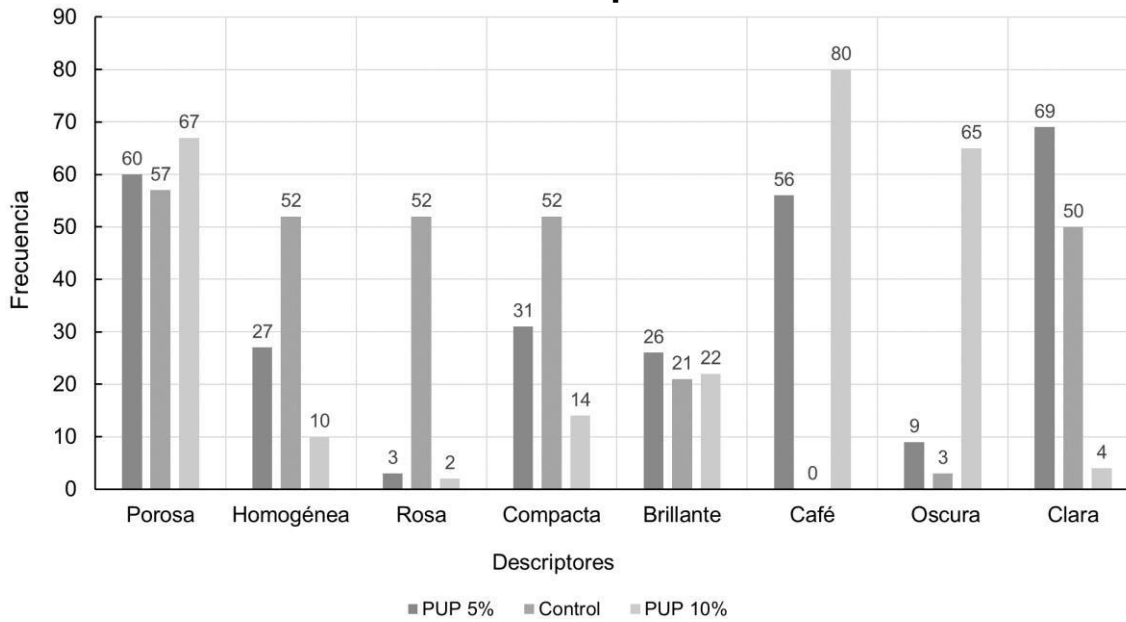


Gráfico E1: Frecuencias para los descriptores sensoriales de apariencia.

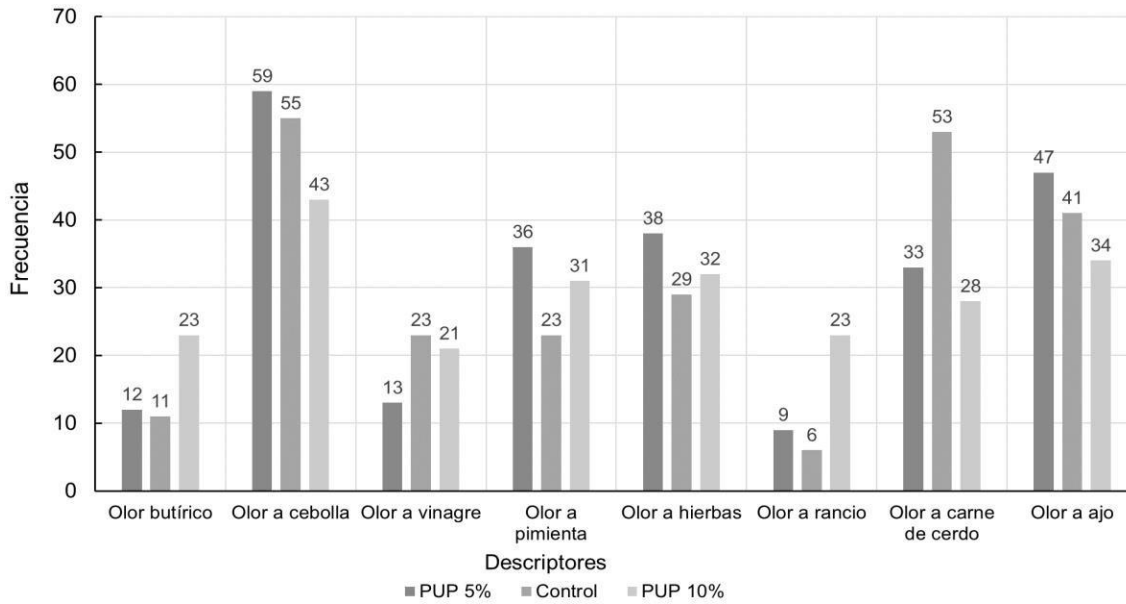


Gráfico E2: Frecuencias para los descriptores sensoriales de olor.

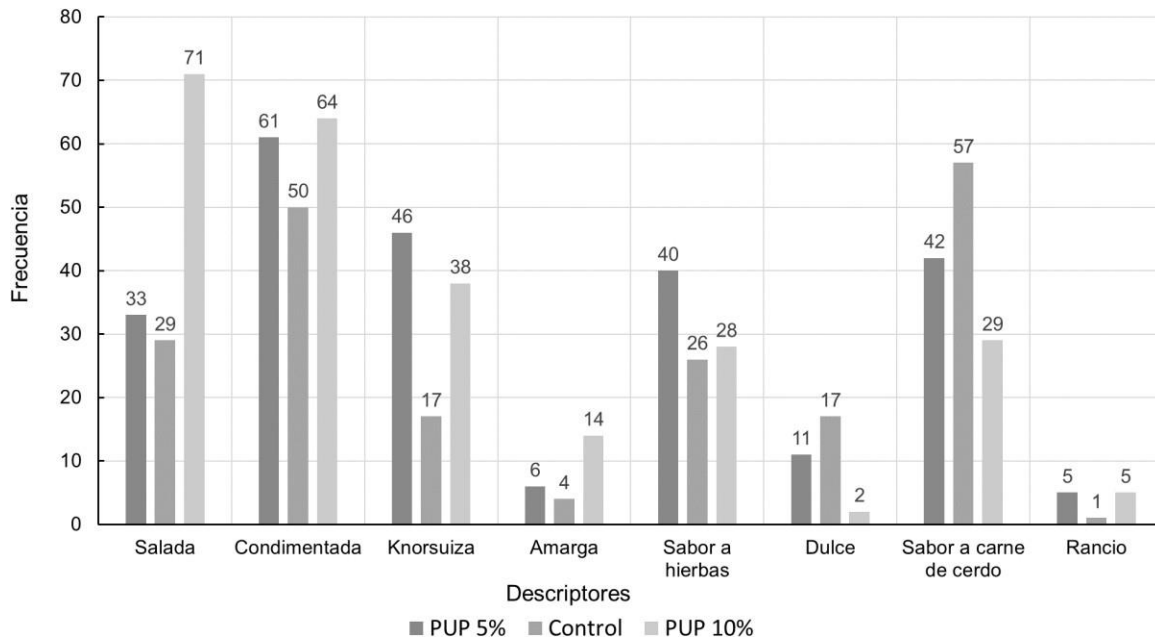


Gráfico E3: Frecuencias para los descriptores sensoriales de sabor.

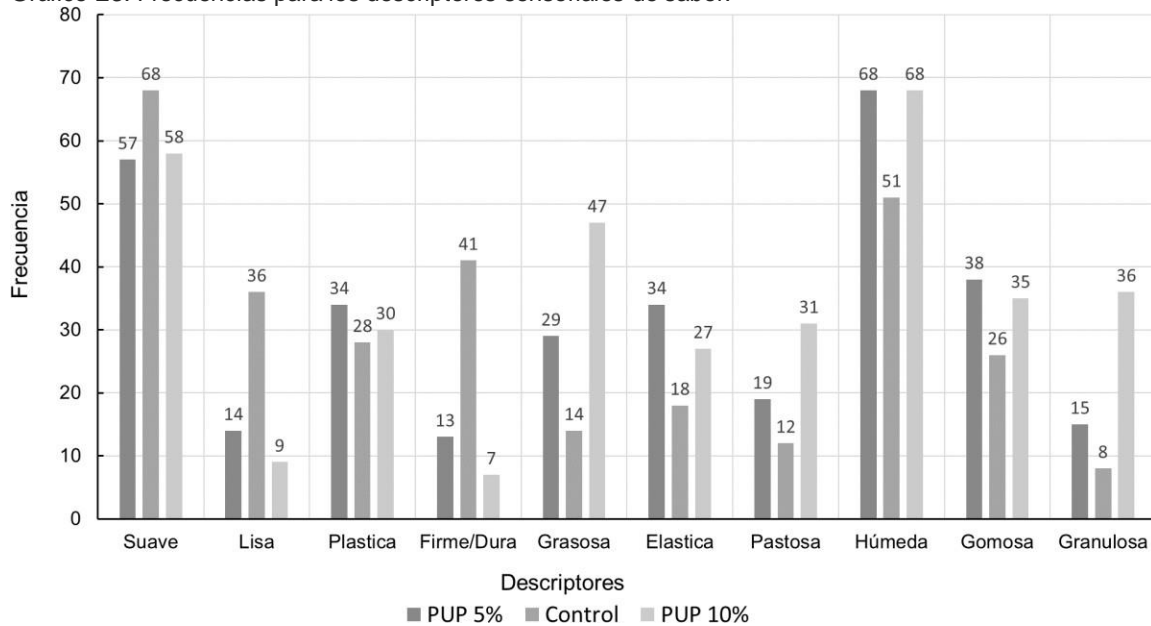


Gráfico E4: Frecuencias para los descriptores sensoriales de Textura.

TRABAJOS PRESENTADOS EN CONGRESOS

VI Encuentro Internacional sobre Biotecnología en la UATx

Resumen:



MÉTODOS DE EXTRACCIÓN DE PROTEÍNA SOLUBLE EN HARINA DE CHAPULÍN (*SPHENARIUM PURPURASCENS*).

Cruz-López, Salvador, Osvaldo.¹, Álvarez-Cisneros, Y.M.¹

¹Departamento de Biotecnología, Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Iztapalapa, San Rafael Atlixco No.186, Col. Vicentina, Iztapalapa, Ciudad de México, México. Springrar@gmail.com

Palabras clave: Proteína, *Sphenarium purpurascens*, ultrasonificación

Introducción

Sphenarium purpurascens es el ortóptero más abundante y presenta una distribución geográfica muy amplia que comprende el centro, sur y occidente. Comúnmente se conoce como “saltamontes” o “chapulín de la milpa” ya que es abundante en agroecosistemas donde se cultiva maíz (1). Estudios previos han demostrado que este ortóptero tiene un alto valor nutricional ya que por cada 100g de base seca 57% es proteína, 5.23% cenizas, 10% fibra cruda. (2). El objetivo de este trabajo es evaluar el mejor método de extracción de proteína soluble de (*Sphenarium purpurascens*).

Materiales y métodos

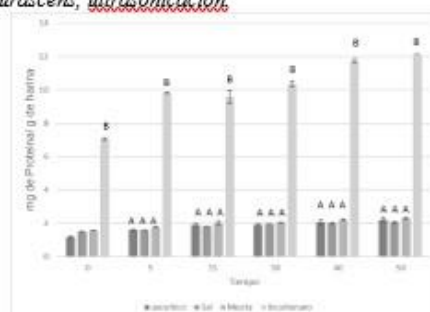
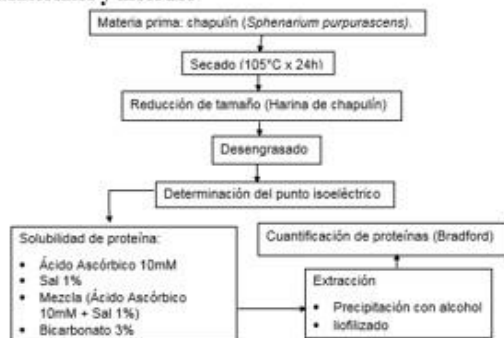


Fig.2. Cuantificación de proteínas por precipitación con alcohol a diferentes tratamientos

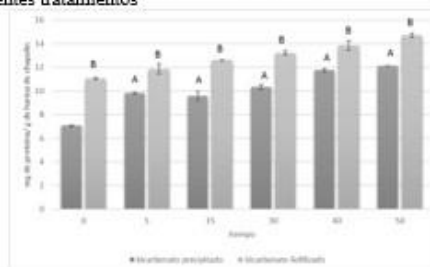


Fig.3 Comparación de métodos liofilizado vs. precipitado.

Resultados

Las concentraciones de proteína más baja (3.61 ± 0.23) se dan a pH 3 siendo este el punto isoelectrico. se realizaron pruebas de solubilidad de la harina en distintas soluciones: Ácido ascórbico 10mM, sal 1%, Mezcla de los dos anteriores y Bicarbonato al 3%. Precipitando las proteínas con alcohol, los valores de proteína más altos fueron en la solución de bicarbonato al 3% (10.12 ± 1.74). Con esta última solución se realizó la comparación de dos métodos de extracción: Precipitado con alcohol y liofilizado, siendo este último el mejor método al obtener los valores más altos de cuantificación (12.84 ± 0.16).

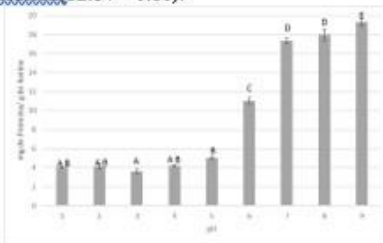


Fig.1. Punto isoelectrico.

Conclusiones.

El con el punto isoelectrico se puede observar que a soluciones más básicas mayor es la solubilidad de las proteínas por lo cual la solución de bicarbonato al 3% es la mejor y como se puede observar en la figura 3 el mejor método para extracción es el liofilizado.

Agradecimientos

Agradezco a la UAM por admitirme en la especialidad así como a la Dra. Alvarez Cisneros por dejarme trabajar con ella y confiar en mí.

Referencias

1. Ramos-Elorduy, J., Carbajal Valdés, L. A., y Pino Moreno, J. M. (2012). Socio-economic and cultural aspects associated with handling grasshopper germplasm in traditional markets of Cuautla, Morelos, Mexico. *Journal of Human Ecology*, 40(1), 85-94.
2. Ramos-Elorduy, J., Pino, J. M., y Morales de León, J. (2002). Análisis químico proximal, vitaminas y nutrimentos inorgánicos de insectos consumidos en el estado de Hidalgo, México. *Folia entomológica mexicana*, 41(1), 15-29.

Cartel:



EVALUACIÓN DE MÉTODOS DE EXTRACCIÓN DE PROTEÍNA SOLUBLE A PARTIR DE CHAPULÍN (*SPHENARIUM PURPURASCENS*).

Cruz-López, Salvador Osvaldo¹, Álvarez, Y. M.¹

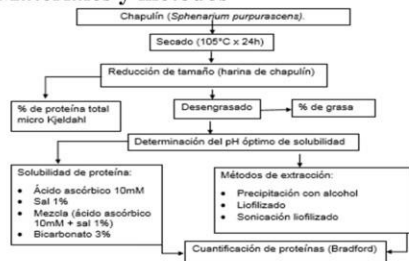
¹Departamento de Biotecnología, Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Iztapalapa, San Rafael Atlixco No.186, Col. Vicentina, Iztapalapa, Ciudad de México, México. acym@xanum.uam.mx

Palabras clave: Proteína, *Sphenarium purpurascens*, Sonicación.

Introducción

Sphenarium purpurascens es el ortóptero más abundante de México, es abundante en agroecosistemas donde se cultiva maíz (1). Estudios previos han demostrado que este ortóptero tiene un alto valor nutricional ya que por cada 100g de base seca contiene 57% proteína (2). El objetivo de este trabajo es evaluar diferentes métodos de extracción de proteína soluble de *Sphenarium purpurascens*.

Materiales y métodos



Resultados

El porcentaje de grasa y proteína en la harina fue 21.67 ± 0.47 y 51.715 ± 0.84 , respectivamente. En el gráfico 1 se puede observar que las concentraciones más bajas de proteína soluble son en condiciones ácidas, siendo el pH 3 el valor más bajo (3.61 ± 0.23). Por otra parte se observa que en pH's básicos hay una mayor solubilidad de las proteínas, obteniendo la mayor concentración a pH 9 (19.33 ± 0.45).

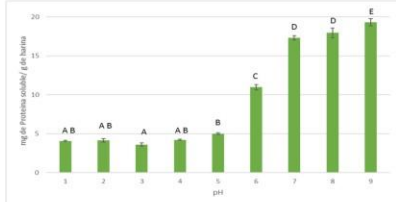


Gráfico 1. Determinación del pH óptimo de solubilidad de proteínas

Se realizaron pruebas de solubilidad en distintas soluciones con pH's ácidos y básicos para evaluar la mayor solubilidad de las proteínas presentes en la harina de chapulín. En el gráfico 2 se observa que los valores de proteína soluble fueron más altos en la solución de bicarbonato al 3% (10.12 ± 1.74) y los resultados fueron significativamente diferentes ($p < 0.05$) con las demás soluciones.

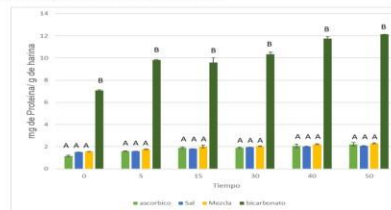


Gráfico 2. Cuantificación de proteína soluble con diferentes tratamientos

En el gráfico 3 se observa que hay diferencias significativas entre los tratamientos ($p < 0.05$), al aplicar la técnica de sonicación la concentración de proteína (50.66 ± 0.58) aumenta con respecto a la agitación (18.76 ± 0.94) y precipitado (10.12 ± 1.74) a los 30 min de agitación. Estos resultados tienen una tendencia similar a los publicados(3), donde el rendimiento mostró tendencia creciente al aplicar ultrasonidos con el tiempo para todas las muestras.

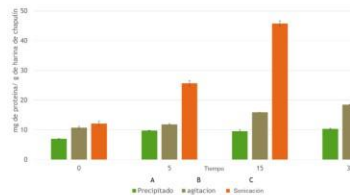


Gráfico 3. Comparación de métodos de extracción de proteína soluble.

Conclusiones

El método de ultrasonido en combinación con soluciones de bicarbonato 3% permite tener una mayor cuantificación de proteínas solubles extraídas a partir de harina de chapulín, lo que puede permitir evaluar las propiedades techno-funcionales de las proteínas extraídas.

Referencias

- Ramos-Elorduy, J., Carbajal-Valdés, L. A., y Pino Moreno, J. M. (2012). Socio-economic and cultural aspects associated with handling grasshopper germplasm in traditional markets of Cuautla, Morelos, Mexico. *JOHE*, 40(1), 85-94.
- Ramos-Elorduy, J., Pino, J. M., y Morales de León, J. (2002). Análisis químico proximal, vitaminas y nutrimentos inorgánicos de insectos consumidos en el estado de Hidalgo, México.
- Byoung, D. C., Nathan A. K., y Joong-Hyuck, A. (2017). Defatting and Sonication Enhances Protein Extraction from Edible Insects. *Korean J Environ Agric Sci. An.* 37(6): 955-961 (2017).

Constancias:



VI Encuentro Internacional sobre Biotecnología en la UATx

1-4 de Diciembre de 2019, Tlaxcala, México.

Otorga la presente
CONSTANCIA

A:

Cruz-López, Salvador Osvaldo, Álvarez, Y. M.

Por la presentación en cartel del trabajo

EVALUACIÓN DE MÉTODOS DE EXTRACCIÓN DE PROTEÍNA SOLUBLE A PARTIR DE CHAPULÍN (*Sphenarium purpurascens*).

En el VI Encuentro Internacional sobre Biotecnología en la UATx celebrado en la Universidad Autónoma de Tlaxcala, México los días 1-4 de diciembre de 2019.

Dr. Gerardo Díaz Godínez
Líder de cuerpo académico
de Biotecnología



Dra. Ma. del Carmen Sánchez Hernández
Presidente del VI Encuentro Internacional
sobre Biotecnología



Dr. Rubén Díaz Godínez
Jefe del laboratorio
de Biotecnología



XLI Encuentro Nacional de la Academia Mexicana de Investigación y Docencia en Ingeniería Química A.C. (AMIDIQ)

Resumen:

Reología dinámica de diferentes batidos cárnicos cocidos y sin cocer utilizando como extensor proteína de chapulín (*Sphenarium purpurascens*).

Salvador Osvaldo Cruz-López^a, Angélica Román-Guerrero^a, Yenizey Merit Álvarez-Cisneros^a ^aDepartamento de Biotecnología, Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Iztapalapa, San Rafael Atlixco No.186, Col. Vicentina, Iztapalapa, Ciudad de México, México. acym@xanum.uam.mx

Resumen

Las proteínas cárnicas son importantes en la dieta del ser humano, además de sus propiedades nutricionales, presentan características tecno-funcionales para la elaboración de productos cárnicos. Sin embargo, existe un creciente interés por utilizar otras fuentes alternas de menor costo y con propiedades funcionales similares. El presente trabajo se enfocó en la evaluación de las propiedades reológicas de la proteína de harina de chapulín (*Sphenarium purpurascens*; PHC) como posible extensor en alimentos. La PHC se extrajo mediante la aplicación de ultrasonido y posteriormente se incorporó en un batido cárnico a distintos niveles. El batido fue caracterizado reológicamente mediante pruebas dinámicas, antes y después de la cocción. Los resultados indican que el uso de PHC como extensor en un batido cárnico presentó diferencias en las propiedades viscoelásticas (necesarias para elaborar un producto cárnico) de las muestras control con los distintos niveles de sustitución.

Introducción

La FAO ha sugerido que una forma de contrarrestar el hambre es a través de la incorporación de insectos a la dieta, debido a que éstos son una fuente importante de proteínas de buena calidad [1]. *Sphenarium purpurascens* se encuentra distribuido principalmente en el centro, sur y occidente de México [2]. Estudios previos han demostrado que este ortóptero contiene 57% proteína por cada 100g de base seca [3], por lo cual puede ser una fuente de proteína de buena calidad y de fácil adquisición que puede ser incorporada como extensor de proteína en algunos alimentos. Por otra parte, la aplicación de ultrasonido ha demostrado que puede inducir modificaciones estructurales en los materiales y hasta mejorar sus propiedades tecno-funcionales. Por lo que, el objetivo de este trabajo es evaluar las propiedades reológicas de un batido cárnico utilizando como extensor la PHC extraída mediante el uso de ultrasonido.

Metodología

Se obtuvo un concentrado de PHC mediante la aplicación de ultrasonido (25 min. 99% AMP). Se realizaron 4 batidos cárnicos con diferentes niveles de PHC como extensor: 0, 5, 10 y 15% p/p de sustitución de carne [4]. Las propiedades reológicas se evaluaron en un reómetro Physica MCR 300 con una geometría estriada PP 50/P2 (25 mm de diámetro y 1 mm de gap) y temperatura controlada de 25°C. Se realizaron pruebas en un intervalo de frecuencia de 0.1-100 Hz a 25 ° C con deformación del 1% en los batidos sin cocer y cocidos (70°C/30 min), asegurando la RVL. En ambas pruebas se obtuvo el módulo de almacenamiento (G'), el módulo de pérdida (G'') y la viscosidad compleja (η^*).

Resultados

Los módulos G' y G'' obtenidos para las distintas muestras como una forma de evaluar la capacidad de almacenar y disipar energía, mostraron para todos los casos que ambos módulos presentaron mayor magnitud para los batidos antes y después de cocción, donde G' predominó sobre su correspondiente G'' . Para el caso de los batidos antes de la cocción (Fig. 1A) se observa que los tratamientos con 10 y 15% de PHC presentan valores en los módulos por arriba

de la muestra control hasta frecuencias de deformación de 1 y 10 para G'' y G' , donde el comportamiento se invierte, quedando la muestra control por encima del resto de los perfiles. Para el caso de los batidos cocidos (Fig. 1B), la muestra control presentó perfiles por encima de los tratamientos con PHC, estos resultados pueden deberse a que en estas últimas muestras se presentó un menor grado de sinéresis y mayor encogimiento de las muestras.

Por otra parte, la η^* al ser una propiedad que indica la respuesta de un material ante esfuerzos de corte oscilatorio que se asocia con G' y G'' . Los resultados mostraron que η^* fue menor en los batidos con 5% de extensor, mientras que aquellos con 10 y 15% presentaron valores superiores al control antes de la cocción (Fig. 2A), y de igual manera que en el caso anterior, η^* fue mayor para el control después de la cocción (Fig. 2B).

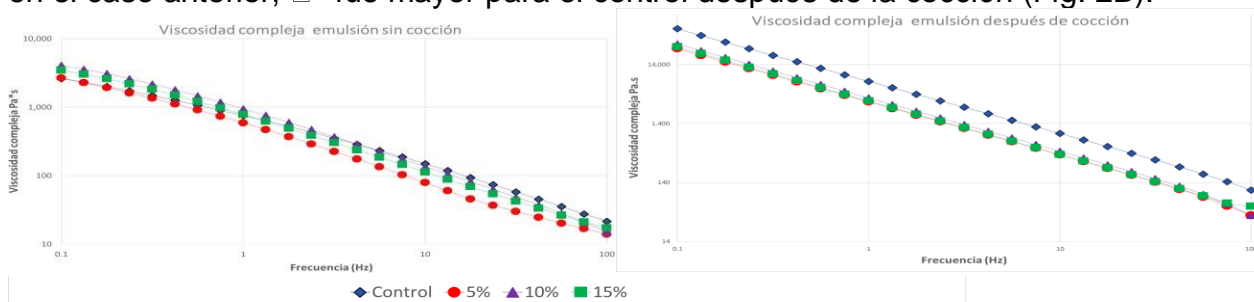


Figura 2. Viscosidad compleja de batidos cárnicos A) antes y B) después de la cocción con diferentes niveles de sustitución de carne

Cabe mencionar que los comportamientos observados antes y después de la cocción de los batidos, permite inferir los cambios estructurales e interacciones en la matriz alimentaria sufridos debido al tratamiento térmico, donde los tratamientos presentan diferencias en sus propiedades viscoelásticas respecto del control.

Conclusiones

El uso de PHC como extensor en un batido cárnico presentó diferencias en las propiedades viscoelásticas de las muestras control con los distintos niveles de sustitución. Estos resultados indican que existen diferencias entre las interacciones y arreglos estructurales de los componentes que conforman la matriz del alimento, lo que ocasiona que una vez que los tratamientos con PHC se someten a cocción, éstos no mantienen el comportamiento viscoelástico ($G' > G''$), pero con menor magnitud, indicando que estos tratamientos presentan menor resistencia a la deformación oscilatoria.

Bibliografía.

- Van Huis, A., Van Itterbeeck, J., Klunder, H., Mertens, E., Halloran, A., Muir, G., y Vantomme, P. (2013). Edible insects: future prospects for food and feed security (No. 171). Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO).
- Ramos-Elorduy, J., Carbajal-Valdés, L. A., y Pino Moreno, J. M. (2012). Socio-economic and cultural aspects associated with handling grasshopper germplasm in traditional markets of Cuautla, Morelos, México. *Journal of Human Ecology*, 40(1), 85-94.
- Ramos-Elorduy, J., Pino, J. M., y Morales de León, J. (2002). Análisis químico proximal, vitaminas y nutrimentos inorgánicos de insectos consumidos en el estado de Hidalgo, México. *Fol. Entomol. Mex.* 41: 15-29.
- Lazaridou, A., & Biliaderis, C. G. (2007). Cryogelation phenomena in mixed skim milkpowder–Barley β -glucan–polyol aqueous dispersions. *Food Research International*, 40(7), 793–802.

EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD EXTENSORA EN SALCHICHAS DE LA PROTEÍNA DE CHAPULÍN (*SPHENARIUM PURPURASCENS*) EXTRAÍDA CON AGITACIÓN Y SONICACIÓN

Salvador Osvaldo Cruz-López^a, Yenizey Merit Álvarez-Cisneros^a,

^aDepartamento de Biotecnología, Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Iztapalapa, San Rafael Atlixco No.186, Col. Vicentina, Iztapalapa, Ciudad de México, México.

acym@xanum.uam.mx.

Resumen

Las proteínas de insecto tienen un alto potencial de ser utilizadas como gelificantes o texturizantes en la industria de alimentos, ya que tienen la capacidad de formar geles en función de su concentración y pH. En este trabajo se evaluó proteína de chapulín (*Sphenarium purpurascens*) obtenida por dos métodos (agitación y sonicación) como extensor en salchichas. Para cumplir el objetivo se realizó la extracción de proteína, y posteriormente se elaboraron diferentes formulaciones de salchichas con sustitución parcial de carne. A las diferentes formulaciones se les determinó: estabilidad de emulsión, pérdida de peso por cocción, proteína total y color. Los resultados obtenidos indican que la proteína extraída con sonicación presentó mejores propiedades tecno-funcionales a niveles de 5 y 10% de sustitución en comparación con el método de agitación; además los resultados se equiparan al control (100% carne). La proteína en estudio puede ser considerada un extensor en salchichas, aunque otros estudios deben llevarse a cabo.

Introducción

Los productos cárnicos son elaborados a partir de carne y grasa principalmente; y son sistemas complejos donde las propiedades tecnológicas de las proteínas juegan un papel importante durante el procesamiento para obtener las características finales del producto (1). En el procesamiento de productos cárnicos emulsionados cocidos (salchichas) es común el uso de extensores para reducir los costos de los productos, utilizando proteínas de origen vegetal o almidones. La proteína de chapulín (*Sphenarium purpurascens*) puede ser una alternativa de bajo costo, ya que se puede obtener a partir de un insecto considerado plaga en los cultivos de maíz, y recientemente se han utilizado insectos como agentes texturizantes en función de su alta capacidad de emulsión en alimentos para animales (2) y se ha aumentado el rendimiento de cocción y la dureza incorporado proteína de insectos comestibles en salchichas (3).

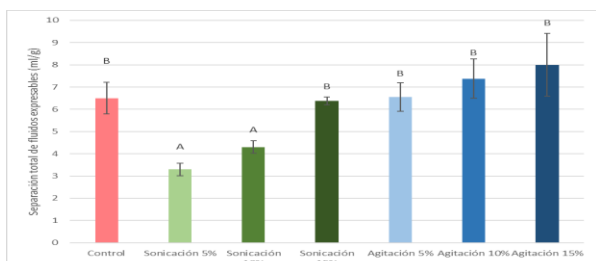
Metodología

Se utilizaron los concentrados de proteína como extensores para realizar 7 formulaciones de salchichas (control, al 5%, 10% y 15% de sustitución de carne). Las proteínas solubles se obtuvieron mediante sonicación a 130W, 20 Khz y una AMP de 99% en una solución de bicarbonato 3% pH 8, durante 25 min; y con agitación en una solución de bicarbonato 3% pH 8 durante 30 min. Ambas soluciones de centrifugaron y se liofilizaron los sobrenadantes. Se determinó la estabilidad de emulsión (4) en tubos de 50 mL modificados con una malla interna y se determinó la separación total de fluidos expresables. Pérdida de peso por cocción: los batidos cárnicos se pesaron antes del tratamiento térmico y después de enfriar a 15 ° C durante 30 min. Las pérdidas por cocción fueron determinadas a partir de sus pesos y fue expresado como porcentaje. El color se determinó por cuadruplicado en un colorímetro Hunter Lab rotando el vaso 90° cada vez y se obtuvieron los valores promedio de L*, a*, y b*. La proteína total se determinó con el método de microkjeldahl.

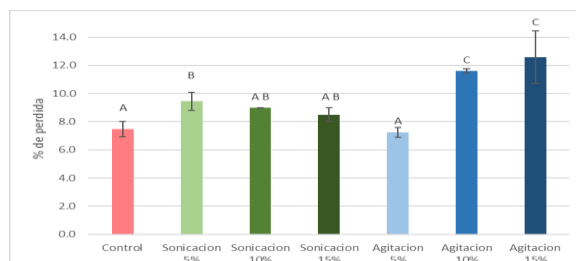
Resultados

En la gráfica 1 se puede observar que las formulaciones con 5 y 10% de sustitución presentan la mayor estabilidad de emulsión (3.3 ± 0.28 y 4.3 ± 0.28 respectivamente) ya que porcentajes menores indican una menor pérdida de grasa y agua en el sistema cárnico. Estos resultados se pueden relacionar con la hidrofobicidad de las proteínas, ya que el ultrasonido produce un efecto de cavitación que puede exponer las regiones hidrófobas de la proteína a la superficie. Para las determinaciones de pérdida de peso por cocción, se observa en la figura 2 que las muestras de agitación al 10 y 15% presentan las mayores pérdidas de peso ($11.6 \pm$

0.14 y 12.6 ± 1.18 respectivamente), y las muestras de sonicación 10 y 15% son estadísticamente iguales ($p < 0.05$) al control (100% carne). Estos resultados infieren que la proteína obtenida por sonicación puede ser utilizada como extensor y mejorar el rendimiento final del producto terminado. En el gráfica 3 se puede observar que al aumentar los niveles de sustitución aumenta la concentración total de proteína en el producto final, y la sustitución de 5 y 10% en ambos métodos de extracción no presentan diferencia significativa ($p < 0.05$) con el control. En la tabla 1 se observa que a mayor nivel de sustitución, mayor es el color rojizo (a^*) y menor la luminosidad (L^*), y se tiene diferencia significativa ($p < 0.05$) con respecto al control. La presencia del color se le atribuye al extracto de chapulín, ya que en las formulaciones no se incorporaron colorantes.



Gráfica 1: Estabilidad de emulsión. Los valores marcados con letras diferentes mostraron diferencias significativas



Gráfica 2: Perdidas por cocción. Los valores marcados con letras diferentes mostraron diferencias significativas (p

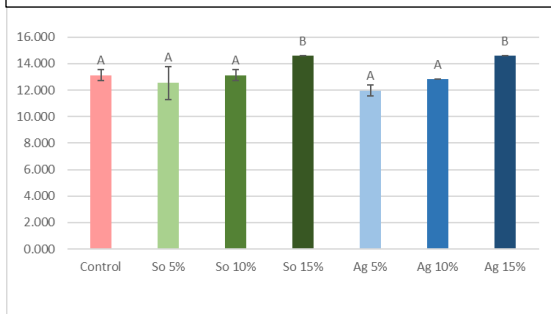


Gráfico 3: Proteína total en salchichas. Los valores marcados con letras diferentes mostraron diferencias

Tratamientos	L^*	a^*	b^*
Control	74.2 ± 3.50^B	1.76 ± 1.03^A	$13.18 \pm 0.$
Sonicación 5%	59.4 ± 4.54^A	4.83 ± 1.06^B	$18.40 \pm 0.$
Sonicación 10%	56.5 ± 3.97^A	5.26 ± 0.13^B	$20.47 \pm 0.$
Sonicación 15%	50.6 ± 1.71^A	5.36 ± 0.22^B	$20.49 \pm 0.$
Agitación 5%	58.1 ± 7.77^A	5.11 ± 0.75^B	$20.92 \pm 1.$
Agitación 10%	56.3 ± 1.13^A	5.22 ± 0.31^B	$20.75 \pm 1.$
Agitación 15%	56.6 ± 8.18^A	5.36 ± 1.14^B	$19.83 \pm 2.$



Conclusiones:

La proteína extraída con sonicación presentó mejores propiedades de emulsión y menores pérdidas por cocción a niveles de 5 y 10% de sustitución en comparación con agitación. Los extractos aportan color natural al producto final y la concentración total de proteína no se modifica por efecto de la sustitución de carne. Por todo lo antes mencionado, la proteína de chapulín puede ser usada como extensor en embutidos cárnicos emulsionados cocidos

Referencias

- Apango, A. (2013). Elaboración de productos cárnicos, SAGARPA, México. Pág. 2.
- Rumpold, B. A. Schlüter, O. K. (2013) Potential and challenges of insects as an innovative source for food and feed production. *Innov. Food Sci. Emerg.* 17, Pág. 1-11.
- Kim, H.-W., Setyabrata, D., Lee, Y. J., Jones, O. G., and Kim, Y. H. B. (2016). Pre-treated mealworm larvae and silkworm pupae as a novel protein ingredient in emulsion sausages. *Innov. Food Sci. Emerg.* 38, Pág. 116-123.
- Choi, Y. S., Park, K. S., Kim, H. W., Hwang, K. E., Song, D. H., Choi, M. S., Lee, S. Y., Paik, H. D., and Kim, C. J. (2013) Quality characteristics of reduced-fat frankfurters with pork fat replaced by sunflower seed oils and dietary fiber extracted from makgeolli lees. *Meat Sci.* 93, Pág. 652-658.

Cartas de aceptación:



XLI
Encuentro
Nacional

21 de febrero de 2020

Estimado(a) SALVADOR OSVALDO CRUZ LÓPEZ

Agradecemos sinceramente el interés por participar en el XLI Encuentro Nacional de la Academia Mexicana de Investigación y Docencia en Ingeniería Química A.C. (AMIDIQ) y por este conducto nos complace informarle que su trabajo:

"REOLOGÍA DINÁMICA DE DIFERENTES BATIDOS CÁRNICOS COCIDOS Y SIN COCER UTILIZANDO COMO EXTENSOR PROTEÍNA DE CHAPULÍN (*SPHENARIUM PURPURASCENS*)"

Cuyos autores son:

Angélica Román Guerrero, Yenizey Marit Álvarez Cisneros

Ha sido aceptado para su presentación en la sesión de BIOTECNOLOGÍA en la modalidad CARTEL. Para ser acreedor de la constancia de participación se requiere que al menos uno de los autores esté inscrito, y que el trabajo haya sido efectivamente presentado. Para que el trabajo sea publicado en las memorias del congreso, es necesario cumplir con los criterios anteriores y haber enviado su trabajo en extenso.

A partir del mes del 18 de marzo de 2020 consulte el programa completo en nuestra página web www.amidiq.com para conocer el día y hora precisa de su presentación. Recuerde que tiene hasta el viernes 20 de marzo de 2020 para sustituir el resumen de dos páginas por su trabajo en extenso en la plataforma OpenConf.

A nombre de la AMIDIQ le agradecemos su participación y esperamos tener la oportunidad de saludarlo personalmente en Ixtapa Zihuatanejo, Gro.

Atentamente
COMITÉ TÉCNICO AMIDIQ 2020

AMIDIQ

Academia Mexicana de Investigación y Docencia en Ingeniería Química A.C.



XLI
Encuentro
Nacional

21 de febrero de 2020

Estimado(a) **SALVADOR OSVALDO CRUZ LÓPEZ**

Agradecemos sinceramente el interés por participar en el XLI Encuentro Nacional de la Academia Mexicana de Investigación y Docencia en Ingeniería Química A.C. (AMIDIQ) y por este conducto nos complace informarle que su trabajo:

"EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD EXTENSORA EN SAICHICHAS DE LA PROTEÍNA DE CHAPULÍN (SPHENARIUM PURPURASCENS) EXTRAÍDA POR AGITACIÓN Y SONICACIÓN"

Cuyos autores son:

Yenlzy Merit Álvarez Cisneros

Ha sido aceptado para su presentación en la sesión de **BIOTECNOLOGÍA** en la modalidad **CARTEL**. Para ser acreedor de la constancia de participación se requiere que al menos uno de los **autores esté inscrito**, y que el **trabajo haya sido efectivamente presentado**. Para que el trabajo sea publicado en las memorias del congreso, es necesario cumplir con los criterios anteriores y haber enviado su trabajo en extenso.

A partir del mes del 18 de marzo de 2020 consulte el programa completo en nuestra página web www.amidiq.com para conocer el día y hora precisa de su presentación. Recuerde que tiene hasta el viernes 20 de marzo de 2020 para sustituir el resumen de dos páginas por su trabajo en extenso en la plataforma OpenConf.

A nombre de la AMIDIQ le agradecemos su participación y esperamos tener la oportunidad de saludarlo personalmente en Ixtapa Zihuatanejo, Gro.

Atentamente

COMITÉ TÉCNICO AMIDIQ 2020



Casa abierta al tiempo

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA

ACTA DE IDÓNEA COMUNICACIÓN DE RESULTADOS

No 00205

Matricula: 2183801516

Evaluación del efecto del ultrasonido en la funcionalidad de proteínas extraídas de chapulín (*Sphenarium purpurascens*)



Con base en la Legislación de la Universidad Autónoma Metropolitana, en la Ciudad de SE PRESENTARÁ A DISTANCIA POR VÍA REMOTA (VIDEOCONFERENCIA), se presentaron a las 11:30 horas del día 5 del mes de junio del año 2020, en la , los suscritos miembros del jurado designado por la Comisión del Posgrado:

DRA. YENIZEY MERIT ALVAREZ CISNEROS
DRA. ANGELICA ROMAN GUERRERO
DR. HECTOR BERNARDO ESCALONA BUENDIA

Bajo la Presidencia de la primera y con carácter de Secretario el último, se reunieron a la presentación de la Idónea Comunicación de Resultados cuya denominación aparece al margen, para la obtención del diploma de:

ESPECIALIZACION EN BIOTECNOLOGIA
DE: SALVADOR OSVALDO CRUZ LOPEZ

y de acuerdo con el artículo 79 fracción II del Reglamento de Estudios Superiores de la Universidad Autónoma Metropolitana, los miembros del jurado resolvieron:

SALVADOR OSVALDO CRUZ LOPEZ
ALUMNO

Aprobar

Acto continuo, la presidenta del jurado comunicó al interesado el resultado de la evaluación y, en caso aprobatorio, le fue tomada la protesta.

REVISÓ

MTRA. ROSALIA SERRANO DE LA PAZ
DIRECTORA DE SISTEMAS ESCOLARES

DIRECTORA DE LA DIVISION DE CBS

DRA. LUCÍA CAMARGO RICALDE

PRESIDENTA

DRA. YENIZEY MERIT ALVAREZ CISNEROS

VOCAL

DRA. ANGÉLICA ROMAN GUERRERO

SECRETARIO

DR. HECTOR BERNARDO ESCALONA
BUENDIA