



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE QUÍMICA

**EVALUACIÓN DE LA ESTABILIDAD ANTIOXIDANTE DE EXTRACTOS
DE INSECTOS, Y SU INCORPORACIÓN A UN PRODUCTO CÁRNICO.**

TESIS

PRESENTA

BERENICE CUAXOSPA XOLALPA

PARA OBTENER EL TÍTULO DE

QUÍMICA DE ALIMENTOS

TUTOR

YENIZEY MERIT ÁLVAREZ CISNEROS



Ciudad Universitaria, CD. MX.

2021



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

JURADO ASIGNADO:

PRESIDENTE: Profesora: **GABRIELA ALATORRE GARCÍA**
VOCAL: Profesor: **RODOLFO FONSECA LARIOS**
SECRETARIO: Profesora: **YENIZEY MERIT ÁLVAREZ CISNEROS**
1er. SUPLENTE: Profesora: **ISADORA MARTÍNEZ ARELLANO**
2º SUPLENTE: Profesora: **ANA KARINA ELÍAS PATIÑO**

SITIO DONDE SE DESARROLLÓ EL TEMA:

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

ASESOR DEL TEMA: DRA. YENIZEY MERIT ÁLVAREZ CISNEROS

SUPERVISOR TÉCNICO: DR. HÉCTOR BERNARDO ESCALONA BUENDÍA

SUSTENTANTE: BERENICE CUAXOSPA XOLALPA

Partes de este trabajo se presentaron en los siguientes congresos:

- "Evaluation of the effect of the cooking treatment on the antioxidant capacity and quantification of polyphenols in the extracts of edible endemic insects from Mexico". Cuaxospa-Xolalpa, B., Ponce-Alquicira, E., Álvarez-Cisneros, Y.M. (Cartel). 8th Food Science, Biotechnology & Safety Congress. Puerto Vallarta, Jalisco, 14-16 de noviembre 2018.
- "Evaluación del efecto del pH y tratamiento térmico en la capacidad antioxidante del extracto de chapulín (*Sphenarium purpurascens*)". Cuaxospa-Xolalpa, B., Álvarez-Cisneros, Y.M. (Cartel). XLII Encuentro Nacional de la Academia Mexicana de Investigación y Docencia en Ingeniería Química A. C. Virtual, 8-11 de septiembre 2021.
- "Estudio del efecto antioxidante y antimicrobiano del extracto de chapulín (*Sphenarium purpurascens*) en salchichas". Cuaxospa-Xolalpa, B., Álvarez-Cisneros, Y.M., Escalona-Buendía, H.B. (Cartel) XIX Congreso Nacional de Biotecnología y Bioingeniería Virtual, 27 de septiembre- 01 de octubre.
- "Evaluación de la aceptabilidad sensorial de salchichas elaboradas con extracto de chapulín (*Sphenarium purpurascens*) como antioxidante". Cuaxospa-Xolalpa, B., Álvarez-Cisneros, Y.M., Escalona-Buendía, H.B. (Cartel) XIX Congreso Nacional de Biotecnología y Bioingeniería Virtual, 27 de septiembre- 01 de octubre.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Nacional Autónoma de México, a la Facultad de Química que me dieron la oportunidad de comenzar mi camino de conocimientos, y de conocer a grandes personas que han compartido este camino a mi lado.

A la Universidad Autónoma Metropolitana, por apoyar mi crecimiento y brindarme la oportunidad de conocer a la Dra. Yenizey Merit Álvarez Cisneros por darme la oportunidad de formar parte de su grupo de trabajo, por su conocimiento compartido conmigo y su paciencia, junto con el apoyo del Dr. Héctor Bernardo Escalona Buendía que ambos me fueron guiando en la realización del trabajo para poder culminarlo con éxito.

A mis padres Silverio y Socorro que han sido los pilares de mi desarrollo, mis hermanas Citlali y Yezabel, que se han tomado tiempo para enseñarme nuevas cosas, brindarme ánimos, a mis sobrinos Sebastián y Santiago, a todos les agradezco no solo estar en los buenos momentos si no por lotes de felicidad que me han dado y de las diversas emociones que siempre me han causado y siempre estar ahí.

A Said por compartir esta aventura por la ciencia juntos, tu paciencia, cariño y consejos.

A mis amigos que de igual modo se han emocionado junto conmigo en este camino, Adri, Julia, Rebeca, Mitzy y Frida que después de muchos años hemos ido creciendo juntas, Luis por seguirme en mi locura de llegar a la facultad, Karla y Osnaya por su compañía, alegrías que vivíamos dentro de la facultad junto con Karen y Adrián. Salador y Elizabeth por sus ánimos y enseñarme lo cómico de la ciencia.

ÍNDICE

1. RESUMEN	13
2. INTRODUCCIÓN	15
2.1. Producto cárnico cocido	15
2.1.1. Elaboración de salchichas	16
2.2. Deterioro lipídico en embutidos	17
2.2.1. Oxidación lipídica	17
2.3. Antioxidantes naturales.	19
2.3.1. Compuestos fenólicos	20
2.3.2. Tocoferoles	20
2.3.3. Flavonoides	21
2.3.4. Taninos	23
2.3.5. Ácidos fenólicos	23
2.3.6. Proceso de extracción	25
2.3.7. Actividad antioxidante	25
2.4. Insectos comestibles	26
3. ANTECEDENTES	27
4. JUSTIFICACIÓN	28
5. HIPOTESIS	29
6. OBJETIVO GENERAL	29
6.1. Objetivos particulares	29
7. METODOLOGÍA GENERAL	30
7.1. Insectos comestibles	31

7.2. Obtención de extractos de insectos con diferentes disolventes.	31
7.2.1. Concentración de los diferentes extractos.	31
7.2.2. Codificación de los extractos.	32
7.3. Cuantificación de moléculas antioxidantes.	33
7.3.1. Cuantificación de proteína	33
7.3.2. Cuantificación de polifenoles totales	33
7.3.3. Cuantificación de taninos.	33
7.3.4. Cuantificación de flavonoides.	34
7.4. Efecto del tratamiento térmico y pH en la actividad antioxidante.	35
7.5. Evaluación de la actividad antioxidante.	36
7.5.1. Poder antioxidante de la reducción férrica (FRAP).	36
7.5.2. Actividad reductora de radicales libres 1,1-difenil-2-picrilhidracil (DPPH).	37
7.6. Elaboración del producto cárnico incorporado con extracto.	38
7.7. Evaluación fisicoquímica, microbiológica y sensorial.	39
7.7.1. Oxidación lipídica (TBAR'S)	39
7.7.2. Actividad de agua (Aw).	40
7.7.3. Análisis de perfil de textura (TPA).	40
7.7.4. Determinación de color.	40
7.7.5. Medición de pH.	41
7.7.6. Análisis microbiológico.	41
7.7.7. Evaluación sensorial.	41

7.8. Análisis estadístico	42
8. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	43
8.1. Obtención de extractos a partir de insectos comestibles	43
8.2. Cuantificación de moléculas antioxidantes	44
8.2.1. Cuantificación de proteína	44
8.2.2. Cuantificación de fenoles totales	46
8.2.3. Cuantificación de taninos	49
8.2.4. Cuantificación de flavonoides	50
8.3. Evaluación de la actividad antioxidante	52
8.4. Efecto del tratamiento térmico y pH	53
8.5. Elaboración del producto cárnico incorporado con extracto	61
8.5.1. Oxidación lipídica (TBARS)	61
8.5.2. Actividad de agua (Aw)	63
8.5.3. Análisis del perfil de textura (TPA)	63
8.5.4. Determinación de color	64
8.5.5. Medición de pH	67
8.5.6. Análisis microbiológico	67
8.5.7. Evaluación sensorial	69
9. Conclusiones	75
10. Referencias	77
11. Anexos	85

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Clasificación de los compuestos fenólicos.	20
Tabla 2. Abreviaturas de insectos comestibles y disolventes.....	32
Tabla 3. Diseño experimental para la evaluación de diferentes tratamientos (pH y temperatura) y su combinación.	36
Tabla 4. Formulación para 100g de salchicha con extracto.	38
Tabla 5. Codificación para la prueba sensorial.	42
Tabla 6. Rendimiento de los diferentes extractos de insectos comestibles.	44
Tabla 7. Actividad antioxidante de extractos de insectos.....	53
Tabla 8. Actividad antioxidante y cuantificación de moléculas antioxidantes después del tratamiento pH y temperatura del extracto PE01.....	57
Tabla 9. Actividad antioxidante y cuantificación de moléculas antioxidantes después del tratamiento pH y temperatura del extracto CG03.	58
Tabla 10. Actividad antioxidante y cuantificación de moléculas antioxidantes después del tratamiento pH y temperatura del extracto CC05.	59
Tabla 11. Actividad antioxidante y cuantificación de moléculas antioxidantes después del tratamiento pH y temperatura del extracto PE05.....	60
Tabla 12. Parámetros de textura de salchichas incorporadas con y sin extracto etanolico de chapulín.....	65
Tabla 13. Parámetros de color de la sección interna y externa de salchichas incorporadas con y sin extracto etanolico de chapulín.	66
Tabla 14. Concentración de TROLOX (μg de TROLOX/ mL extracto) de los extractos seleccionados con diferentes tratamientos térmicos.	87
Tabla 15. Concentración de TROLOX (μg de TROLOX/ mL extracto) de los extractos seleccionados a diferentes pH.	88

Tabla 16. Concentración de TROLOX (μg de TROLOX/ mL extracto) de los extractos seleccionados a pH 4 con diferentes tratamientos térmicos. .	88
Tabla 17. Concentración de TROLOX (μg de TROLOX/ mL extracto) de los extractos seleccionados a pH 6 con diferentes tratamientos térmicos. .	88
Tabla 18. Concentración de TROLOX (μg de TROLOX/ mL extracto) de los extractos seleccionados a pH 8 con diferentes tratamientos térmicos. .	89
Tabla 19. Porcentaje de reducción de DPPH de los extractos seleccionados con diferentes tratamientos térmicos.	89
Tabla 20. Porcentaje de reducción de DPPH de los extractos seleccionados con modificación de pH.	90
Tabla 21. Porcentaje de reducción de DPPH de los extractos seleccionados con pH 4 con diferentes tratamientos térmicos.	90
Tabla 22. Porcentaje de reducción de DPPH de los extractos seleccionados con pH 6 con diferentes tratamientos térmicos.	90
Tabla 23. Porcentaje de reducción de DPPH de los extractos seleccionados con un pH 8 con diferentes tratamientos térmicos.	91
Tabla 24. Contenido de proteína (mg de BSA/ g extracto) con diferentes tratamientos térmicos.	91
Tabla 25. Contenido de proteína (mg de BSA/ g extracto) con modificación de pH.	92
Tabla 26. Contenido de proteína (mg de BSA/ g extracto) a pH 4 con diferentes tratamientos térmicos.	92
Tabla 27. Contenido de proteína (mg de BSA/ g extracto) a pH 6 con diferentes tratamientos térmicos.	92
Tabla 28. Contenido de proteína (mg de BSA/ g extracto) a pH 8 con diferentes tratamientos térmicos.	93
Tabla 29. Contenido de fenoles totales (mg de AG/ g de extracto) a diferentes temperaturas.	93
Tabla 30. Contenido de fenoles totales (mg de AG/ g de extracto) con modificación de pH.	94

Tabla 31. Contenido de fenoles totales (mg de AG/ g de extracto) a pH 4 con diferentes tratamientos térmicos.	94
Tabla 32. Contenido de fenoles totales (mg de AG/ g de extracto) a pH 6 con diferentes tratamientos térmicos.	94
Tabla 33. Contenido de fenoles totales (mg de AG/ g de extracto) a pH 8 con diferentes tratamientos térmicos.	95
Tabla 34. Contenido de flavonoides (mg de rutina / g de extracto) con diferentes tratamientos térmicos.	95
Tabla 35. Contenido de flavonoides (mg de rutina / g de extracto) con modificación de pH.	96
Tabla 36. Contenido de flavonoides (mg de rutina / g de extracto) a pH 4 con diferentes tratamientos térmicos.	96
Tabla 37. Contenido de flavonoides (mg de rutina / g de extracto) a pH 6 con diferentes tratamientos térmicos.	96
Tabla 38. Contenido de flavonoides (mg de rutina / g de extracto) a pH 8 con diferentes tratamientos térmicos.	97
Tabla 39. Contenido de ácidos hidroxicinámicos (mg de ácido cafeico/ g de extracto) con diferentes tratamientos térmicos.	97
Tabla 40. Contenido de ácidos hidroxicinámicos (mg de ácido cafeico/ g de extracto) con modificación de pH.	98
Tabla 41. Estadísticos descriptivos.	101
Tabla 42. Prueba de Friedman.	101
Tabla 43. Comparaciones múltiples por pares mediante el procedimiento de Nemenyi/Prueba bilateral.	102
Tabla 44. Resultados de la agrupación de los consumidores.	103

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Formación de malondialdehído a partir de del ácido α -linolénico. Tomada de Belitz et al., 2009.	18
Figura 2. Estructuras de (I)d- α -tocoferol y (II) d- α -tocotrienol.	21
Figura 3. Principales estructuras de flavonoides.....	22
Figura 4. Ácidos hidroxibenzoicos.	24
Figura 5. Ácidos hidroxicinámicos.	24
Figura 6. Actividad antioxidante para la eliminación de radicales libres. AH: antioxidante. Tomada de Belitz et al., 2009.	25
Figura 7. Diagrama general de trabajo	30
Figura 8. Muestra de salchichas empacadas a vacío. (A) muestra control (B) muestra con extracto.....	39
Figura 9.Contenido de proteína en extractos obtenidos de insectos comestibles	45
Figura 10. Contenido de fenoles totales en extractos obtenidos de insectos comestibles.	47
Figura 11. Enlace de hidrógeno intramolecular de fenoles orto sustituidos propuesto por Baum y Perun. Tomada de Pokorny et al., 2001.....	48
Figura 12. Contenido de taninos en extractos obtenidos de insectos comestibles.	50
Figura 13.Contenido de flavonoides en extractos de insectos comestibles.	51
Figura 14. Análisis de componentes principales de los extractos de insectos. Variables analizadas: polifenoles totales, flavonoides, taninos y proteína.	52
Figura 15. Salchichas elaboradas empacadas a vacío. (A) Muestra control-sin extracto (B) Muestra con extracto CG03.	61
Figura 16. Contenido de malondialdehído en el transcurso de 35 días.	62
Figura 17. Actividad de agua en el transcurso de 35 días.....	63

Figura 18. pH de la salchicha control y salchicha con extracto etanolico de chapulín en el transcurso de 35 días.	67
Figura 19. Cuenta total de mesófilos aerobios durante 35 días en salchicha control y salchicha con extracto.....	68
Figura 20. Cuenta de coliformes totales durante 35 días en salchicha control y salchicha con extracto.....	69
Figura 21. Distribución de las muestras.	70
Figura 22. Nivel de agrado de las muestras.....	71
Figura 23. Análisis Factorial de Correspondencia de las salchichas con las variables de los atributos de olor y textura.	72
Figura 24. Análisis Factorial de Correspondencia de las salchichas con las variables de los atributos de sabor y apariencia.....	73
Figura 25. Escala hedónica en las salchichas evaluadas.	74
Figura 26. Curva patrón para la cuantificación de proteína.	85
Figura 27. Curva patrón para la cuantificación de fenoles totales.	85
Figura 28. Curva patrón para la cuantificación de flavonoides.....	86
Figura 29. Curva patrón para la cuantificación de ácidos hidroxicinámicos.	86
Figura 30. Curva patrón para FRAP.	87
Figura 31. Agrupación de consumidores	102
Figura 32. Mapa de preferencia y diagrama de control.....	104
Figura 33. consumo de insectos comestibles.	104
Figura 34. Insectos consumidos por los grupos 2 y 3.	105

RESUMEN

La preferencia de los consumidores por los embutidos en México ha ido aumentando, uno de los principales embutidos son las salchichas, reportado en el compendio estadístico del consejo mexicano de la carne donde ha aumentado del 1.4% la tasa de crecimiento compuesta anual entre 2014 y 2019.

Para aumentar su vida de anaquel se utilizan diversos aditivos sintéticos para poder evitar su oxidación lipídica. Estos antioxidantes sintéticos han causado afectaciones en la salud de la población y se ha tenido que regresar a la búsqueda de nuevas fuentes de antioxidantes naturales, la presente investigación tomo como objetivo estudiar las propiedades antioxidantes en insectos de consumo los cuales han tenido un proceso previo de tostado y/o salado.

Se obtuvieron los extractos de insectos comestibles en diferentes disolventes. Una vez concentrados por liofilización se determinó el contenido de proteínas solubles, fenoles totales, taninos y flavonoides. A los extractos con mayor contenido de compuestos fenólicos se les sometió a diferentes tratamientos térmicos y modificación de pH a los cuales se volvió a repetir los análisis antes mencionados, también se realizó la prueba de poder antioxidante de la reducción férrica (FRAP), actividad reductora de radicales 1,1-difenil-2-picrilhidracil (DPPH), y cuantificación de ácidos hidroxicinámicos para valorar su estabilidad.

Después de analizar los extractos con los diferentes tratamientos, el extracto de chapulines adultos en etanol presenta moléculas estables al calor y pH, ya que no se perdió la actividad antioxidante en ninguno de

los tratamientos; además tiene la mayor concentración de flavonoides, y valores intermedios en proteína, taninos y fenoles totales.

El extracto CG03 se adicionó en el producto cárnico, al cual se le realizó las pruebas de actividad de agua (A_w), análisis de perfil de textura (APT), análisis microbiológico (cuenta total y cuenta de coliformes totales) y evaluación sensorial.

La salchicha fresca con el extracto CG03 tienen un nivel de agrado de "me gusta poco" a igual que la salchicha control, con una media de agrado de 4.46 y 4.40, respectivamente, en una escala hedónica de 7 puntos, $N=95$. Tiene una misma tendencia de aceptación que la salchicha control con respecto al transcurso del tiempo, aunque se detectó que las salchichas con extracto tienen sabor y olor característico herbal.

A partir del análisis de perfil de textura mediante el texturómetro se nota como pasa de una textura suave a gomosa, en tanto el color medio por Color LAB, el extracto le da una tonalidad ligeramente opaca. También se observa una disminución de microorganismos y retrasa la oxidación lipídica a partir del día 21 con respecto al control.

1. INTRODUCCIÓN

El enfoque actual en la industria de los alimentos y la carne es adicionar antioxidantes a éstos, principalmente de origen natural al producto final. Por lo tanto, existe una creciente demanda de antioxidantes naturales, incluso algunos de ellos pueden tener un efecto más potente que los antioxidantes artificiales o similar (Valenzuela y Pérez, 2016).

Este estudio se realizó para evaluar los diferentes insectos comestibles por su actividad antioxidante y su contenido fenólico total, así como su utilización en la industria alimentaria, principalmente en embutidos.

1.1. Producto cárnico cocido

Un producto cárnico cocido, definido por la norma NOM-213-SSA1-2002, está elaborado a partir de carne, vísceras, sangre o sus mezclas, curados o no, que son sometidos a proceso térmico. Pueden presentarse enteros, en cortes, emulsionados o troceados.

También este tipo de productos se caracteriza por estar elaborados por la carne del músculo, la grasa y otros ingredientes no cárnicos se elaboran primero mediante triturado, picado y mezclado. Se obtiene así una masa viscosa, que se distribuye en salchichas o en forma de barras y se somete después a tratamiento térmico, lo que da como resultado la coagulación de las proteínas, una textura firme y elástica. Las salchichas suelen someterse a un proceso de cocción o a un baño de vapor y, cuando están embutidas en tripas permeables, también a un proceso de ahumado en caliente. Las barras generalmente se hornean. Productos típicos de este grupo son la mortadela, los perritos calientes y las salchichas Frankfurt, las salchichas de Viena.

Según lo marca la NOM-122-SSA1-1994 una salchicha se considera como un producto cárnico curado, emulsionado y cocido, elaborado con carne de una o más especies, vísceras y otros subproductos comestibles de los animales autorizados, los que además pueden ser sazonados, ahumados o no.

1.1.1. Elaboración de salchichas

La elaboración de la salchicha involucra distintos procesos, cuyo fundamento se basa en obtener una pasta al mezclar el agua, la carne y la grasa en una picadora (cutter), haciendo de esta forma las proteínas de la carne se solubilizan en disoluciones salinas, formando una matriz que encapsula los glóbulos de grasa. Las proteínas de la carne solubilizadas actúan como emulsionantes de la grasa, es un sistema coloidal; por consiguiente, posee un grado de estabilidad que se acentúa con la adición de agentes activos de superficies, sólidos finamente divididos, tales como sal y fosfatos, mientras que los nitritos preservan el color rojo de la carne (Belitz *et al.*, 2009). Los aglutinantes tienen la función de aumentar la consistencia del producto, ligar agua y favorecer la formación del sistema coloidal-agua-grasa. En dicho sistema coloidal la micela posee una fase dispersa o interna que es la grasa y la continua que es el agua, dando paso a una emulsión sólida (Herrera *et al.*, 2003).

El embutido se suele hacer a mano o mecánicamente, en tripas naturales o sintéticas. Luego se somete a cocción, que consiste en un calentamiento escalonado para evitar que las proteínas se contraigan y formen grietas. La finalidad de la cocción es actuar sobre los microorganismos estabilizando la carga microbiana, además de coagular las proteínas. Estos productos son de consistencia suave, elevada humedad y corta duración (8 días en refrigeración). Aunque la vida de almacenamiento se

puede prolongar por 15 días después de su procesamiento y empacadas al vacío y en refrigeración.

En México ha ido aumentando el consumo de embutidos, uno de los principales embutidos son las salchichas ya que es una fuente de proteína a un bajo costo siendo así mayoritariamente de carne de ave y consecutivamente la carne de cerdo. Donde ha aumentado del 1.4% la tasa de crecimiento compuesta anual entre 2014 y 2019 (Consejo Mexicano de la Carne, 2019).

1.2. Deterioro lipídico en embutidos.

Algunos procedimientos como el picado, cocción y otros antes de la conservación de la carne o sus derivados por medio de la refrigeración y/o congelación, rompen la membrana de la célula muscular facilitando la interacción de los lípidos insaturados con las sustancias pro-oxidantes, acelerando la oxidación de los lípidos y permitiendo el rápido deterioro de la calidad y el desarrollo de la rancidez. La susceptibilidad del tejido muscular a la oxidación de los lípidos se relaciona también con el grado de insaturación de éstos, al tipo de músculo, a la dieta del animal, a la presencia de algunos aditivos, al método de cocción, la manera en que se ha conservado la carne y al pH del músculo (Valenzuela y Pérez, 2016).

1.2.1. Oxidación lipídica

La oxidación lipídica es una de las principales causas del deterioro de la calidad y la reducción de la vida útil de los productos a base de carne y puede ser acelerada por diversos factores, como el aumento de grasas saturadas, ácidos grasos poliinsaturados, oxígeno, calor, luz UV, iones metálicos y pigmentos de la carne.

El malondialdehído o aldehído malónico, es un producto secundario de la oxidación lipídica, este dialdehído se forma preferentemente por autooxidación de ácidos grasos con tres o más dobles enlaces. El compuesto es inodoro. En los alimentos, puede unirse a las proteínas mediante una doble condensación, reticulando las proteínas. El aldehído malónico se forma a partir del ácido α -linolénico mediante una vía de reacción modificada, como se describe bajo la formación de hidroperóxido-epióxido. Sin embargo, aquí se forma un compuesto bicíclico como un producto intermedio que se fragmenta fácilmente en aldehído malónico (Belitz *et al.*, 2009).

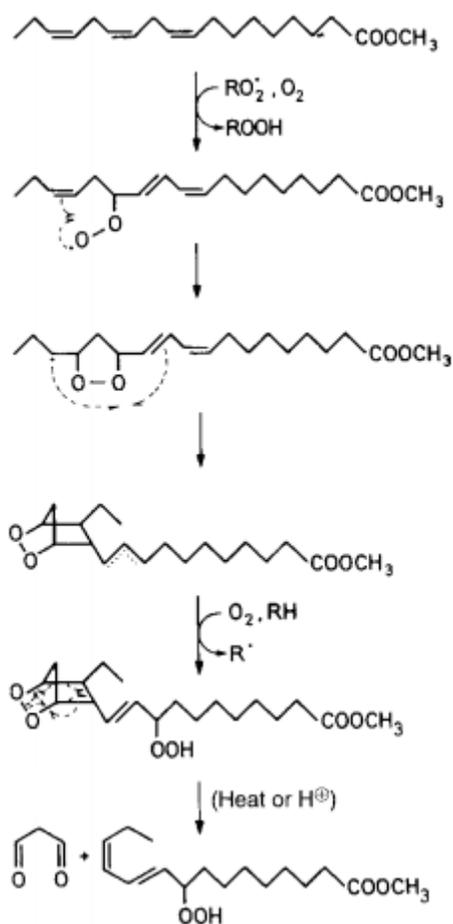


Figura 1. Formación de malondialdehído a partir de del ácido α -linolénico.

Tomada de Belitz *et al.*, 2009.

Todas las carnes procesadas utilizan antioxidantes para controlar la oxidación lipídica de los lípidos, típicamente dependen de antioxidantes fenólicos sintéticos como butilhidroxitolueno (BHT) y butilhidroxianisol (BHA) (Aro *et al.*, 2015).

Estos antioxidantes se han utilizado por el paso de los años sin embargo sea han relacionado con una posible toxicidad (Qader *et al.*, 2011), por lo cual se ha comenzado a estudiar el uso de antioxidantes para sustituir los antioxidantes sintéticos.

1.3. Antioxidantes naturales.

Un antioxidante es cualquier molécula capaz de prevenir o retardar la oxidación, entregando uno o más de sus electrones para estabilizar algún componente biológico desapareado por efecto del ataque de radicales libres, los antioxidantes de origen natural son encontrados principalmente en plantas, microorganismos, hongos, y tejido animal. Por otra parte, también los aminoácidos presentes en las proteínas pueden ser antioxidantes al reaccionar con radicales libres si la energía de éstos es alta. Los más reactivos son: los compuestos azufrados como la metionina y cisteína; los aromáticos triptófano, tirosina y fenilalanina; y los que contienen anillo imidazol como la histidina. Los tripéptidos que contienen residuos de triptófano o tirosina en el carbono terminal presentan una fuerte actividad de captación de radicales libres, y se ha reportado que los péptidos antioxidantes pueden ejercer un fuerte efecto sinérgico con algunos otros antioxidantes, por ejemplo, los compuestos fenólicos (Gallegos *et al.*, 2013).

1.3.1. Compuestos fenólicos

Los compuestos fenólicos se caracterizan por tener al menos un anillo aromático con uno o más grupos hidroxilos unidos, incluyendo derivados funcionales ésteres, metil ésteres y glucósidos, entre otros. La naturaleza de los fenoles varía desde moléculas simples (como los ácidos fenólicos), hasta compuestos altamente polimerizados, como los taninos (Konigsberg, 2008).

Los compuestos fenólicos se pueden agrupar de la siguiente forma:

Tabla 1. Clasificación de los compuestos fenólicos.

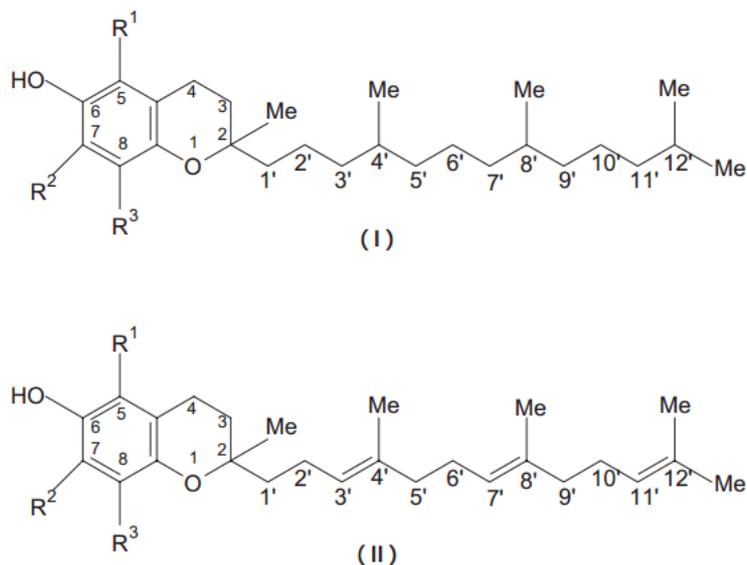
Flavonoides	No flavonoides
Polifenoles	Fenoles sencillos
Taninos hidrolizables	Cumarinas
Taninos condensados	Ácidos fenólicos
Ligninas	

La mayoría de los antioxidantes naturales son compuestos fenólicos, y los grupos principales son: tocoferoles, flavonoides, ácidos fenólicos y taninos. (Dueñas, 2009; Figueroa, 2012)

1.3.2. Tocoferoles

Estructuralmente, todos los componentes de este grupo poseen un núcleo heterocíclico oxigenado, el núcleo cromano, con un grupo OH, además de poseer grupos metilo y una cadena lateral fitilo de origen terpénico. Los distintos tocoferoles o tocotrienoles son designados por las letras griegas α , β , γ y δ , respectivamente, y sólo difieren entre sí por la cantidad y posición de los grupos metilo del cromano. Los tocoferoles y tocotrienoles

poseen estructuras similares, la diferencia entre ellos está en que los primeros poseen una cadena lateral saturada y en los segundos ésta es insaturada (Figura 2).



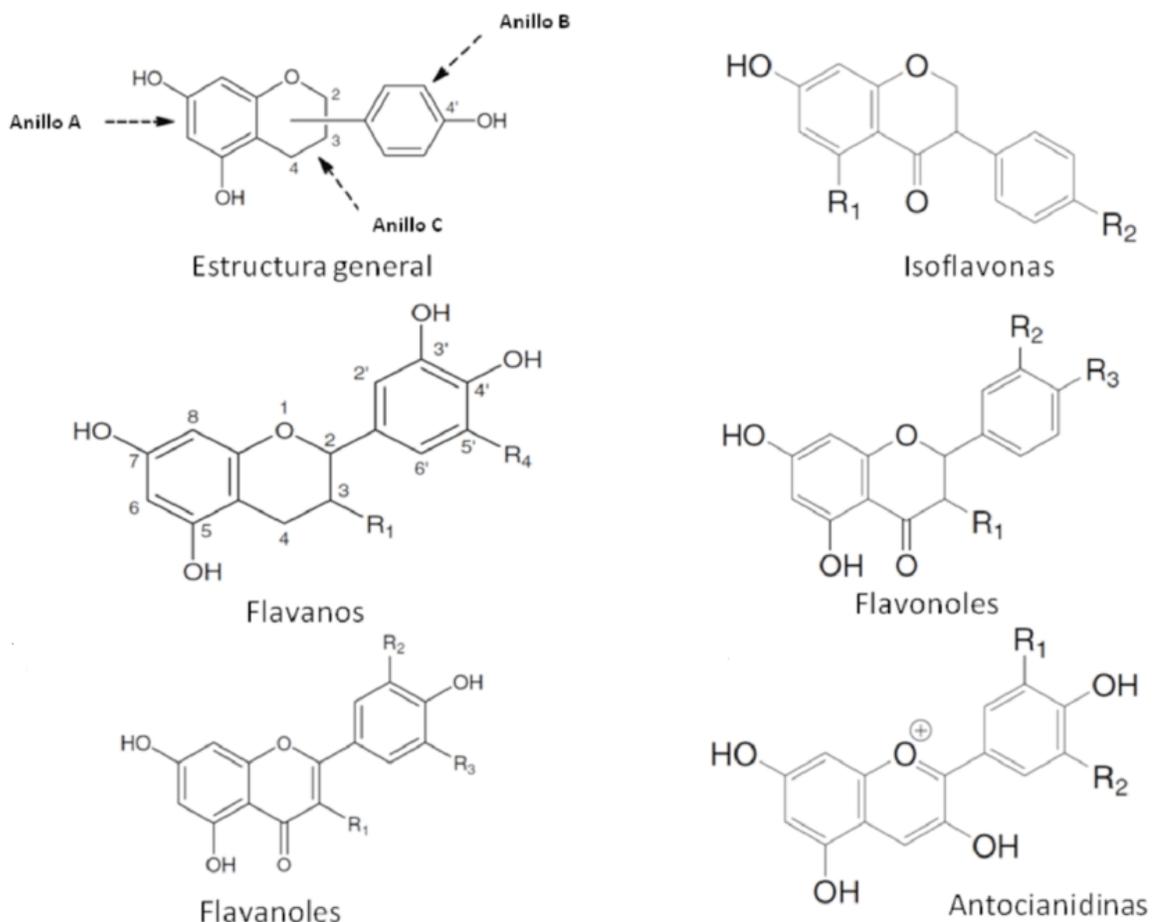
*Figura 2. Estructuras de (I) d- α -tocoferol y (II) d- α -tocotrienol.
Tomada de Königsberg, 2008.*

1.3.3. Flavonoides

Los flavonoides son compuestos de bajo peso molecular que comparten una estructura común el difenilpirano (C6-C3-C6), que son compuestos con dos anillos fenilos (A y B) ligados a través de un anillo heterocíclico C de pirano (Figura 3). Sus características estructurales los flavonoides se pueden clasificar en seis principales grupos.

- Las flavanos, como la catequina, con un grupo -OH en posición 3 del anillo C.
- Los flavonoles, representados por la quercetina, que posee un grupo carbonilo en posición 4 y un grupo -OH en posición 3 del anillo C.

- Las flavonas, como la diosmetina, que poseen un grupo carbonilo en posición 4 del anillo C y carecen del grupo hidroxilo en posición C3.
- Las antocianidinas, que tienen unido el grupo -OH en posición 3, pero además poseen un doble enlace entre los carbonos 3 y 4 del anillo C.
- Las isoflavonas, representados por la Genisteína que tiene dos grupos -OH unidos en la posición 1 y 3 del anillo C.
- Los flavanoles. Principalmente destaca la taxifolina, la cual se caracteriza por la unión de un grupo -OH al carbono 1,2 y 3 del anillo C.



*Figura 3. Principales estructuras de flavonoides.
Tomada de Limón et al., 2010*

1.3.4. Taninos

Los taninos se presentan como mezclas de polifenoles, se dividen en taninos hidrolizables y taninos condensados. Los taninos hidrolizables, constituidos generalmente por una molécula de un monosacárido (glucosa en la mayoría de los casos) a la cual se unen varias unidades de ácidos polifenólicos. Los taninos condensados, resultan de la condensación (polimerización) de unidades de flavanoles, no liberan sus unidades estructurales, si no por lo contrario tienen a polimerizarse aún más en soluciones ácidas (Venegas, 2012).

1.3.5. Ácidos fenólicos

Los ácidos fenólicos se clasifican en ácidos hidroxibenzoicos y ácidos hidroxicinámicos. Una de las principales propiedades biológicas de estos compuestos es su alta actividad antioxidante, que se debe a su estructura química, que contiene un núcleo fenólico y una cadena lateral insaturada que les permite formar un radical fenoxilo estabilizado por resonancia, el cual tiene actividad como agente secuestrador de radicales libres (Urías *et al.*, 2016).

Los ácidos hidroxibenzoicos poseen un grupo carboxilo unido al anillo bencénico (C₆-C₁) por ejemplo el ácido gálico, ácido salicílico y ácido vainílico (Figura 4).

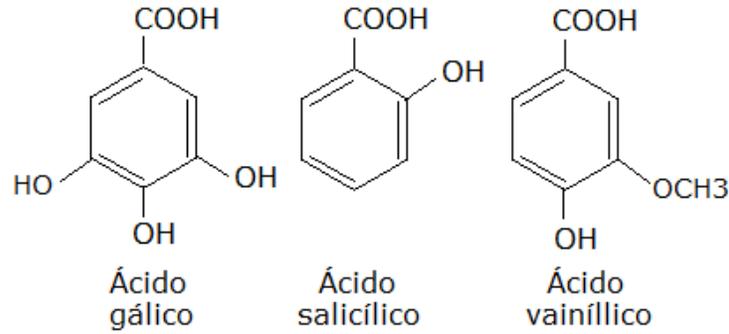


Figura 4. Ácidos hidroxibenzoicos.

Los ácidos hidroxicinámicos derivan a partir del ácido cinámico (C6-C3), el cual se encuentra formado por un grupo acrílico (CH=CH-COOH) unido a un anillo bencénico. Entre los ácidos hidroxicinámicos más comunes se encuentra el ácido ferúlico (4-hidroxi-3-metoxicinámico), ácido caféico (3,4-dihidroxicinámico), ácido *p*-cumárico (4-hidroxicinámico) y ácido sinápico (4-hidroxi-3,5-dimetoxicinámico), como se muestra en la figura 5.

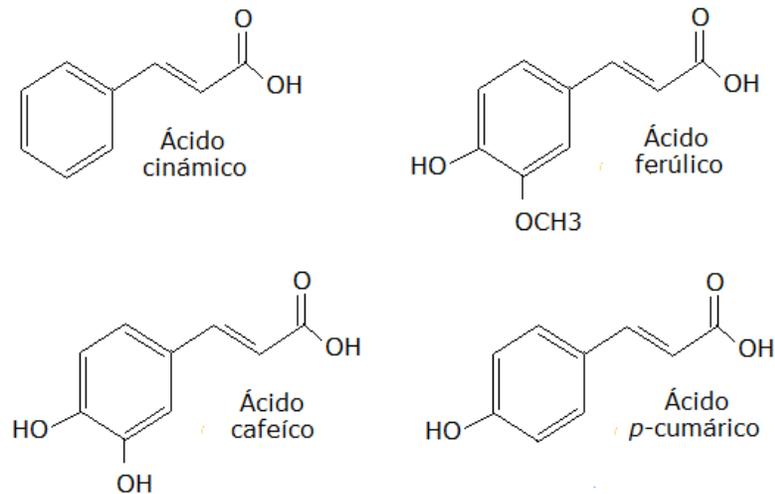


Figura 5. Ácidos hidroxicinámicos.

1.3.6. Proceso de extracción

En el proceso de extracción de los compuestos fenólicos se pueden emplear diferentes solventes como: éter dietílico, cloroformo, etanol y agua, que modifican el pH del medio con el fin de obtener metabolitos secundarios de acuerdo con su solubilidad. El rendimiento en la extracción de los compuestos fenólicos y su actividad antioxidante no sólo dependen de la naturaleza del disolvente y del método de extracción, sino también de los compuestos bioactivos y de la estructura de la matriz del producto (Sotelo *et al.*, 2010).

1.3.7. Actividad antioxidante

Los antioxidantes contienen una o más grupos funcionales hidroxilo y actúan en la iniciación y propagación de la oxidación al ceder un átomo de hidrógeno al radical ácido graso (R•) e hidropéroxido (ROO•), restaurando el ácido graso (RH) y el hidropéroxido (ROOH) (Badui, 2006).

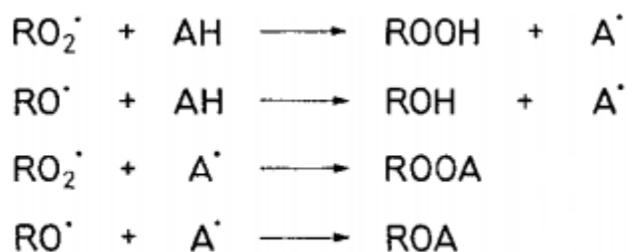


Figura 6. Actividad antioxidante para la eliminación de radicales libres.
AH: antioxidante.

Tomada de Belitz *et al.*, 2009.

Los antioxidantes forman radicales estabilizados por un sistema de resonancia aromática. A diferencia de los radicales libres acil peroxi y oxi,

no pueden extraer un átomo de hidrogeno de un ácido graso insaturado y, por lo tanto, no pueden iniciar la peroxidación lipídica.

El efecto antioxidante de los fenoles depende del pH. Es bajo en un medio ácido (pH 4) y alto en un medio alcalino (pH 8) cuando ocurre la fenilación (Belitz *et al.*, 2009).

1.4. Insectos comestibles.

Los insectos son una clase de animales dentro del grupo de artrópodos que tienen un exoesqueleto quitinoso. La quitina es el segundo polisacárido más abundante en la naturaleza, contiene nitrógeno y se encuentra comúnmente en organismos inferiores como hongos, crustáceos e insectos, pero no en mamíferos; además tiene propiedades que pueden mejorar la respuesta inmune en grupos específicos de las personas. Los insectos se pueden encontrar en todos los ambientes (Van Huis *et al.*, 2013) y son consumidos por los seres humanos (entomofagia) en diferentes partes del mundo, pero principalmente en regiones de Asia, África y América Latina (FAO, 2018).

Como alimento los insectos constituyen como una fuente importante de proteínas en la alimentación, las cuales contienen lisina, el aminoácido esencial que más suele escasear en cereales, verduras y tubérculos. Además de estos datos, los insectos suelen tener niveles apreciables de sodio, potasio, calcio, zinc y magnesio, además de vitaminas A, C y D. Aunque algunas especies presentan un contenido proteínico relativamente bajo, esta deficiencia suele quedar compensada por el hecho de que muchos de estos artrópodos convierten sus alimentos de un modo más eficiente (Piojan, 2001; Ambrosio *et al.*, 2010).

En México es común encontrar en mercados, restaurantes o ferias, que venden chapulines, jumiles, chicatanas, gusanos de maguey, entre otros insectos típicos de diversas regiones del país, los cuales se pueden encontrar en algún platillo o solo tostados.

El 80% de las especies se consumen en etapas inmaduras. De esta manera se evidencia la importancia que tienen estas especies en la alimentación de algunos grupos poblacionales como los étnicos, al constituir una fuente de nutrientes a su disposición en los ecosistemas naturales y a bajo costo, sólo el de recolección (Viesca y Romero, 2009).

2. ANTECEDENTES

Algunos insectos como los escarabajos (*Ulomoides dermestoides*) han demostrado tener actividad antioxidante en extractos metanólicos (Mendoza et al., 2013), al igual que el gusano de harina (*Tenebrio molitor*) cocinado por varios métodos también posee potencial antioxidante (Baek et al., 2019), los cuales pueden ser utilizados como nutraceuticos (para aliviar enfermedades inducidas por estrés oxidativo) o aditivo (antioxidante) en alimentos convencionales o funcionales (Barrón et al., 2011).

Algunos autores indican que los insectos pueden ser una fuente adicional por la relación co-evolutiva con las plantas, además de que se pueden reproducir fácilmente en granjas (Van Huis et al., 2013). Finalmente, los insectos tienen un riesgo reducido de transmisión de enfermedades zoonóticas (enfermedades que se transmiten de los animales a los humanos).

La utilización de antioxidantes naturales en la industria alimentaria ha ido en aumento, como lo menciona Valenzuela y Pérez que se comienza con un escalamiento a nivel laboratorio para después poder utilizar a nivel industria por ejemplo el extracto en polvo de hojas de olivo, sesamol y ácido elárgico reduce la oxidación lipídica en salchichas crudas y cocidas de cerdo, la adición de este extracto no afecta la aceptabilidad del producto (Hayes *et al.*, 2011). Al igual que el extracto en polvo de té verde y de romero tiene una aceptabilidad positiva por un panel de jueces y reduce la oxidación lipídica y proteica de salchichas de cerdo (Jongberg *et al.*, 2013).

3. JUSTIFICACIÓN

Los insectos comestibles han sido utilizados como fuente alimenticia desde las épocas prehispanicas, debido a que los insectos comestibles contienen sales minerales, calcio y vitaminas, además de ser una fuente importante de lisina, magnesio y proteína, convirtiéndolos en un alimento con un alto valor nutricional.

En términos de actividad biológica los insectos comestibles se han empleado con fines medicinales debido a su actividad antioxidante la cual previene problemas celulares por la acumulación de radicales superóxidos. Los antioxidantes pueden prevenir cáncer y enfermedades dependientes de la edad, así como otras condiciones causadas por el estrés oxidativo y problemas por especies reactivas de oxígeno, haciendo de interés estos compuestos bio-activos para su aplicación industrial.

El uso de antioxidantes de origen sintético en la industria alimenticia ha llevado a la necesidad de buscar antioxidantes de origen natural que puedan ser utilizados como sustituto en estos productos. La reproducción

de insectos comestibles es relativamente sencilla y de bajo costo, por lo que en la presente investigación se ha llevado a cabo la extracción de estos compuestos antioxidantes con el propósito de llevar a cabo su incorporación a un producto cárnico evaluando el efecto de la actividad antioxidante sobre el proceso de elaboración del producto.

4. HIPOTESIS

Los compuestos fenólicos extraídos a partir de diferentes insectos comestibles, mantendrán su actividad antioxidante después de ser sometidos a un proceso de elaboración de un embutido cárnico.

5. OBJETIVO GENERAL

Extraer los compuestos fenólicos de diferentes insectos y evaluar su actividad antioxidante al adicionarlo en un embutido cárnico.

5.1. Objetivos particulares

- Extraer los compuestos fenólicos los jumiles, chicanas, chapulines y gusanos de maguey con diferentes disolventes.
- Cuantificar el contenido de fenoles totales, taninos, flavonoides.
- Cuantificar el contenido de proteína.
- Evaluar la actividad antioxidante al someterlo a un con tratamiento térmico.
- Evaluar la actividad antioxidante a diversos cambios de pH.
- Evaluar la actividad antioxidante al someterlo a una combinación de temperatura y pH.

Evaluar la actividad antioxidante al integrarlo a un embutido cárnico.

6. METODOLOGÍA GENERAL

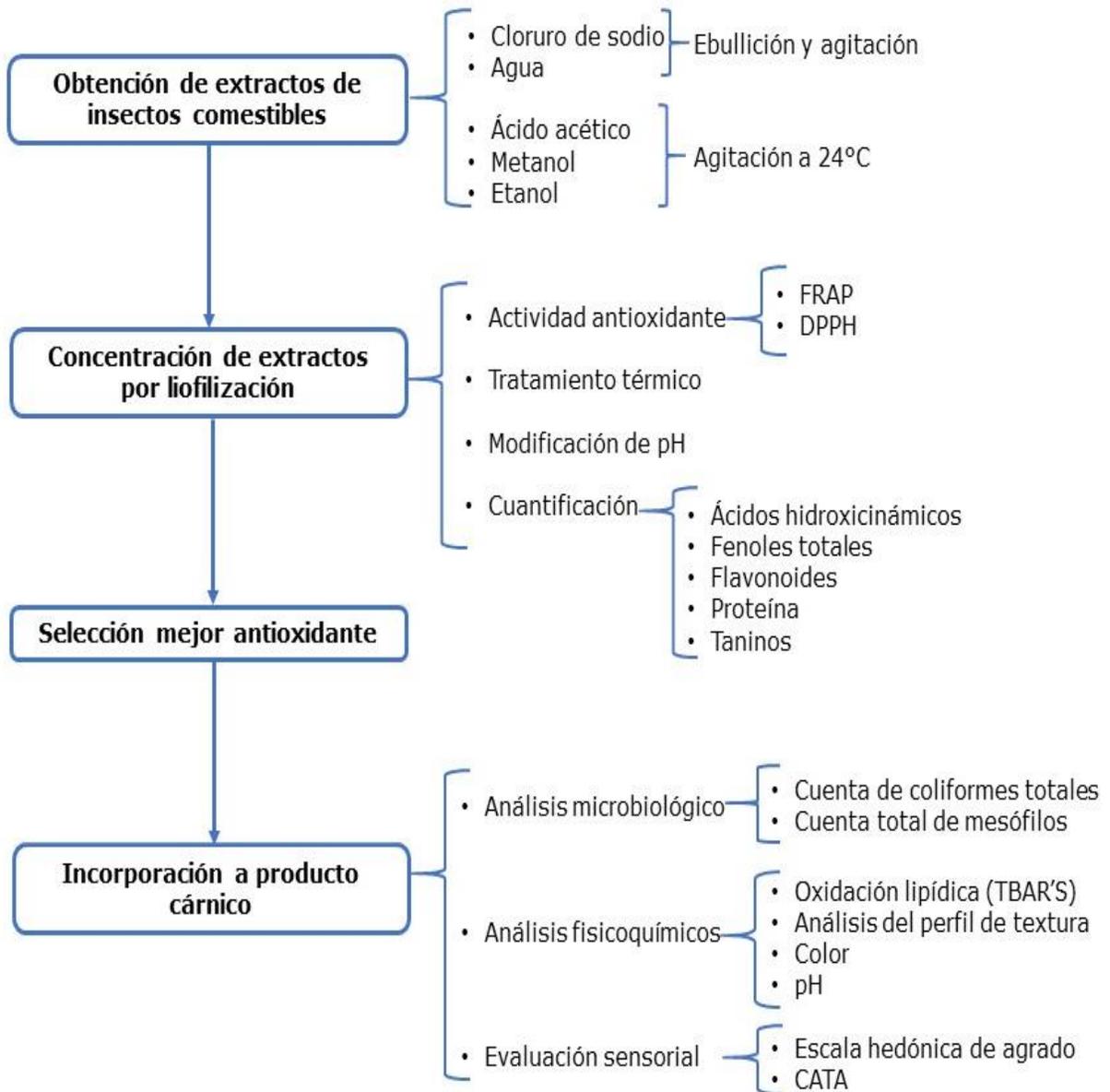


Figura 7. Diagrama general de trabajo

6.1. Insectos comestibles.

Todas las muestras fueron compradas en el mercado de carnes exóticas de San Juan, localizado en la ciudad de México. Los insectos utilizados fueron: jumiles (*Euschistus taxcoensis*), chapulines (*Sphenarium purpurascens*) en el quinto estadio de ninfa y adultos, gusanos de maguey rojo de la penca (*Comadia redtenbacheri*), gusano de maguey blanco de la piña (*Aegiale hesperiaris*) y chicatanas (*Atta mexicana*).

6.2. Obtención de extractos de insectos con diferentes disolventes.

Los insectos comestibles se disolvieron en agua destilada, cloruro de sodio 0.6 M, etanol 50%, metanol 50% y ácido acético 30%, de acuerdo a la metodología propuesta por Mendoza *et al.* (2013) y Calderón *et al.* (2016), con algunas modificaciones. Todas las extracciones se realizaron en una proporción de 1:10 (5 g de los diferentes insectos se licuaron con 50 mL de diferentes disolventes, de forma independiente). Las mezclas con agua destilada y con NaCl 0.6 M, fueron sometidas a ebullición y agitación durante 30 min, mientras que las demás se mantuvieron en agitación a 90 rpm, durante 120 horas a 24°C. Finalmente, los extractos fueron filtrados en su mayoría con papel Whatman No. 4 (en algunos casos fue necesario emplear gasa o papel Whatman No. 1).

6.2.1. Concentración de los diferentes extractos.

Los extractos con etanol y metanol se concentraron en un rotavapor a 20 rpm durante 20 min y 45 min para los extractos con ácido acético a una temperatura de 50°C. Posteriormente, se congelaron a -80°C y se liofilizaron a 0.030 mBar a una temperatura de -50°C (liofilizadora

Labconco). Por otra parte, los extractos en agua y NaCl, únicamente se congelaron y liofilizaron. Todos los extractos liofilizados se mantuvieron a temperatura ambiente hasta su uso.

6.2.2. Codificación de los extractos.

Se muestra en la siguiente tabla, la codificación de las diferentes abreviaturas que se manejan en el texto, las cuáles contemplan el nombre de los insectos comestibles y disolvente de la extracción.

Tabla 2. Abreviaturas de insectos comestibles y disolventes.

Insectos comestibles		Disolventes	
Jumiles	JU	Agua	01
Chicatanas	CH	Cloruro de sodio 0.6M	02
Chapulines en el quinto estadio de ninfa	CC	Etanol 50%	03
Chapulines adultos	CG	Metanol 50%	04
Gusanos de maguey de la penca	PE	Ácido acético 30%	05
Gusanos de maguey de la piña	PI		

Para nombrar las combinaciones de los extractos se nombró primero con la abreviatura del insecto comestible, consecutivamente la abreviatura del disolvente, por ejemplo: JU01 que corresponde al extracto de jumiles en agua.

6.3. Cuantificación de moléculas antioxidantes.

6.3.1. Cuantificación de proteína

La proteína soluble se cuantificó mediante el ensayo de Bradford de acuerdo al protocolo de SIGMA-ALDRICH con las siguientes modificaciones: se realizó una mezcla con 50 μ L de extracto y 1.5 mL de reactivo de Bradford, se dejó reposar durante 10 min a temperatura ambiente en condiciones de obscuridad, posteriormente se midió la absorbancia a 595 nm en un espectrofotómetro (Genesys 105 UV-VIS Thermo Scientific). Previamente se realizó una curva patrón utilizando albumina sérica bovina (BSA) como estándar en un intervalo de concentración de 0 - 1000 μ g/mL.

6.3.2. Cuantificación de polifenoles totales

Se realizó la cuantificación mediante el método espectrofotométrico de Folin-Ciocalteu propuesto por Lin y Tang (2007) con algunas modificaciones. Se llevó a cabo la reacción de 100 μ L de extracto y 2.8 mL de agua con 100 μ L de reactivo de Folin-Ciocalteu 50% durante 5 min, posteriormente se adicionó 2 mL de carbonato de sodio 2%, y se dejó en reposo durante 40 min a temperatura ambiente, todo esto en condiciones de oscuridad. Finalmente se midió la absorbancia a 750 nm en un espectrofotómetro (Genesys 105 UV-VIS Thermo Scientific). Se utilizó ácido gálico (AG) como estándar para la curva patrón de 0-200 μ g/mL.

6.3.3. Cuantificación de taninos.

La cantidad de 100 μ L de extracto se hizo reaccionar con 10 mg de polivinilpirrolidona (PVPP) dejando reposar durante 15 min a 4°C, posteriormente se centrifugo a 1400 rpm durante 10 min, recuperando el

sobrenadante y se realizó la cuantificación de polifenoles totales del sobrenadante obtenido, finalmente se calculó la diferencia entre la concentración de fenoles totales del extracto menos la concentración de fenoles totales del sobrenadante para obtener la cantidad de taninos/g de extracto (FAO, 2000).

6.3.4. Cuantificación de flavonoides.

Se realizó de acuerdo a la metodología propuesta por López, (2010), con las siguientes modificaciones. Se llevó a cabo la reacción de 250 μ L de extracto, 1.25 mL de agua con 75 μ L de nitrito de sodio 5% se dejó reposar a temperatura ambiente durante 6 min, consecutivamente se adicionó 150 μ L de tricloruro de aluminio 2% se dejó reposar durante 5 min y se adicionó 500 μ L de hidróxido de sodio 1M, finalmente se completó un volumen final de 2.25 mL con agua destilada y se incubó durante 50 min a temperatura ambiente, llevando la reacción condiciones de oscuridad, posteriormente se midió la absorbancia a 510 nm en un espectrofotómetro (Genesys 105 UV-VIS Thermo Scientific). Se utilizó rutina como estándar en la curva patrón de 0 - 250 μ g/mL.

6.3.5. Cuantificación de ácidos hidroxicinámicos.

Siguiendo la metodología de Lillo *et al.* (2016) se tomaron 50 μ L de muestra y se mezcló con 1 mL HCl 0.5 M, 1 mL de reactivo de Arnow (10 g de NaNO_2 y 10 g de Na_2Mo_4 en 100 mL de agua destilada), 1 mL de NaOH 1 M, el cual se llevó a un volumen final de 5 mL con agua destilada, se dejó reposar durante 30 min en ausencia de luz, finalmente se midió la absorbancia a 520 nm, utilizando como estándar ácido cafeico, obteniendo una curva patrón 0 - 200 mg/mL

6.4. Efecto del tratamiento térmico y pH en la actividad antioxidante.

El objetivo fue evaluar la estabilidad antioxidante de los extractos en diferentes condiciones de pH, tratamiento térmico y la combinación de ambos, cada extracto seleccionado previamente, se dividió en 4 fracciones las cuales se ajustaron a pH 4, 6 y 8 con HCl 0.1 N y NaOH 0.1 M y una alícuota se dejó sin modificaciones de pH. Cada fracción se separó en 4 alícuotas, tres de ellas se sometieron a tratamiento térmico (64°C durante 30 min, 72°C durante 15 s y 95°C durante 30 min) y una sin tratamiento térmico (tabla 3).

Una vez realizados los diferentes tratamientos, se realizó la cuantificación de moléculas que pueden actuar como antioxidantes de acuerdo al apartado 7.3 y la actividad antioxidante.

Tabla 3. Diseño experimental para la evaluación de diferentes tratamientos (pH y temperatura) y su combinación.

pH	Temperatura/tiempo	Tratamiento
Sin modificación de pH	Sin tratamiento térmico	Control
	64°C / 30 min	1
	72°C / 15 s	2
	95°C / 30 min	3
4	Sin tratamiento térmico	4
	64°C / 30 min	5
	72°C / 15 s	6
	95°C / 30 min	7
6	Sin tratamiento térmico	8
	64°C / 30 min	9
	72°C / 15 s	10
	95°C / 30 min	11
8	Sin tratamiento térmico	12
	64°C / 30 min	13
	72°C / 15 s	14
	95°C / 30 min	15

6.5. Evaluación de la actividad antioxidante.

6.5.1. Poder antioxidante de la reducción férrica (FRAP).

Se midió la actividad antioxidante mediante el método de FRAP de acuerdo a la metodología descrita por Calderón *et al.* (2016). Se hicieron reaccionar 100 µL de extracto con 750 µL de reactivo de FRAP (López, 2010) y se incubó durante 5 min a 37°C. Se tomaron 150 µL y se analizaron en el lector de placas (Synergy HT BioTek) a 593 nm. Se realizó una curva patrón utilizando como estándar el ácido 6-hidroxi-2,5,7,8-

tetrametilcromano-2-carboxílico (TROLOX) disuelto en metanol 50% en un intervalo de concentración de 0 - 400 µg/mL.

6.5.2. Actividad reductora de radicales libres 1,1-difenil-2-picrilhidracil (DPPH).

Se realizaron cinéticas para determinar el porcentaje de reducción del radical DDPH en presencia de los extractos y el antioxidante de referencia (0.0078 - 0.125 mg/mL de ácido gálico), para lo cual se realizaron mediciones cada 5 min durante 30 min a 25°C de todas las reacciones en un lector de placas (Synergy HT BioTek) a una longitud de onda de 517 nm. Las reacciones se analizaron de acuerdo a Mendoza *et al.* (2013) con las siguientes modificaciones: se colocaron 5 µL de la muestra y 195 µL de solución metanólica de DDPH 4×10^{-5} M, en el caso de chapulín en etanol 50%, se utilizó una concentración de 8×10^{-5} M de DPPH. Por otra parte, se prepararon diferentes controles para verificar que los disolventes o extractos no absorban en la longitud de onda utilizada: 1) blanco de equipo (200 µL de agua); 2) blanco del disolvente (5 µL de disolvente en que se disolvió el extracto y 195 µL de agua); 3) blanco del extracto (5 µL de extracto y 195 µL de agua); 4) blanco para el disolvente del DPPH (200 µL de metanol). Finalmente, un pocillo de la placa se utilizó para determinar la absorbancia del radical DPPH sin presencia de antioxidante.

Se calculo el porcentaje de reproducción de DPPH con la siguiente ecuación:

$$\% \text{ de reducción DPPH} = \frac{(A_R - A_{bpR}) - (A_m - A_{bp} - A_{mp})}{A_R - A_{bp}} \times 100\%$$

Donde:

A_R = Absorbancia del radical DPPH

A_m = Absorbancia del extracto

A_{bpR} = Absorbancia del blanco del disolvente radical – Absorbancia del equipo

A_{bp} = Absorbancia del blanco del disolvente – Absorbancia del equipo

A_{mp} = Absorbancia del blanco del extracto – Absorbancia del equipo

6.6. Elaboración del producto cárnico incorporado con extracto.

Se seleccionó el extracto más estable a la combinación pH/temperatura, y se incorporó en la formulación de un producto cárnico emulsionado (tabla 4) a una concentración de 100 mg/kg de producto (NOM-213-SSA1-2002).

Tabla 4. Formulación para 100g de salchicha con extracto.

Ingredientes	Gramos
Carne de cerdo	50
Lardo	10
Fécula de papa	10
Sal	2
Fosfatos	0.5
Sal cura	0.3
Extracto	0.01
Hielo	27.19

*Para la salchicha control, los gramos de extracto fueron sustituidos por hielo.

Se realizaron dos tratamientos (control y con extracto) y de cada uno se prepararon 500 g que se embutieron en una funda de celulosa calibre 20, y se cocieron a 80°C hasta llegar a una temperatura interna de 70°C, se dejaron enfriar, se empacaron a vacío en paquetes de 100g, y se

guardaron en refrigeración a 4°C. De cada tratamiento se realizaron 2 lotes con las mismas características. Posteriormente se tomó el primer paquete de cada tratamiento para realizar las pruebas microbiológicas y pruebas fisicoquímicas, estas mismas pruebas se realizaron cada 7 días durante 35 días.



Figura 8. Muestra de salchichas empacadas a vacío. (A) muestra control (B) muestra con extracto.

6.7. Evaluación fisicoquímica, microbiológica y sensorial.

6.7.1. Oxidación lipídica (TBAR'S)

Siguiendo la metodología de Calderón, 2016 con las siguientes modificaciones. Se homogenizaron en una licuadora 10 g de salchicha en 49 mL de agua destilada, y se adicionó 1 mL de sulfanilamida 0.5% en HCl al 2% y 2 mL de HCl:agua (1:2), la mezcla fue destilada durante 40 min hasta obtener 10 mL de destilado. Posteriormente se realizó la reacción de 1 mL de destilado con 1 mL de ácido tiobarbitúrico (TBA) 80 mM en agua, se colocó en baño maría a 94°C durante 30 min, una vez

frío se midió la absorbancia a 530 nm. Se utilizó como estándar 1,1,3,3-tetrametoxipropano (malonaldehído) para la curva patrón 0–24 μM .

6.7.2. Actividad de agua (A_w).

Se trituraron 4 g de salchicha para la base de la celda y se siguió la metodología del manual del equipo AQUA LAB Dew Point Water Activity Meter.

6.7.3. Análisis de perfil de textura (TPA).

Se cortaron trozos de 2 cm de alto de las salchichas, los cuales fueron sometidos a un TPA con una velocidad de prueba de 1 mm/s a una compresión de 20%, utilizando un texturómetro (Texture Analyzer TA-XT2, y el software Texture Expert versión 1.22) con una sonda de compresión de 200 mm de diámetro, obteniéndose los parámetros de dureza, cohesividad, elasticidad y masticabilidad.

6.7.4. Determinación de color.

Se determinó empleando un colorímetro Hunter-Lab ColorFlex. Se obtuvieron las variables de color: luminosidad (L^*), índice de rojo-azul (a^*), índice de amarillo-verde (b^*). Esta determinación se realizó por duplicado, midiendo el color por la parte exterior y cortando por la mitad para medir el color interior de la salchicha.

6.7.5. Medición de pH.

Se homogeneizaron 5 g de salchicha con 50 mL de agua destilada, una vez calibrado el potenciómetro se determinó el pH de cada muestra por triplicado.

6.7.6. Análisis microbiológico.

Se realizó la cuantificación con base a la NOM-092-SSA1-1994 y la NOM-113-SSA1-1994 respectivamente, pesando 1 g de salchicha y homogeneizando en 9 mL de agua destilada estéril, se realizaron diluciones seriadas de 10 y se inoculó 1 mL en placas de agar para cuenta estándar (cuenta mesófilos total) y cuenta de coliformes totales en agar eosina y azul de metileno, las placas fueron incubadas a 35°C durante 24 horas.

6.7.7. Evaluación sensorial.

Se prepararon 100 g de salchicha con extracto y 100 g sin extracto, para ser analizados cada día de muestreo (8 y 14 días), y un día antes de la evaluación sensorial se preparó la muestra fresca. Se realizó la prueba de agrado general (escala hedónica de 7 puntos, 1= me disgusta mucho y 7= me gusta mucho) y una prueba CATA (Check All That Applied) a 95 consumidores. A cada evaluador se le entregó una charola con 6 muestras de salchicha (3 de control y 3 de extracto, en los diferentes días de almacenamiento para cada tratamiento) de 2 cm de alto colocadas de forma aleatoria, y se les entregó un cuestionario (anexo A), se les dio la indicación de probar cada muestra y entre ellas tomar agua y un trozo de galletas habaneras para enjuagaran el paladar entre muestras.

Las salchichas se etiquetaron con códigos aleatorios de tres dígitos quedando de la siguiente manera:

Tabla 5. Codificación para la prueba sensorial.

Día	Control	Extracto
1	474	311
	244	133
8	126	182
	147	253
14	345	336
	434	037

Los datos de la prueba cata se analizó por frecuencia y un análisis factorial de correspondencias, posteriormente se analizó con el programa XLSTAT 2014.5.03, el nivel de agrado realizando un análisis de frecuencias, un análisis de Friedman Test con comparaciones múltiples por pares mediante el procedimiento de Nemenyi/Prueba bilateral, Análisis de Componentes Principales (ACP), Clasificación Ascendente Jerárquica (CAJ) y Mapeo de preferencias (PREFMAP).

6.8. Análisis estadístico

Los datos se expresaron como el promedio del triplicado de cada extracto con su desviación estándar. Todos los resultados se analizaron con el programa XLSTAT versión 2014.5.03 con análisis de varianza de una vía (ANOVA) con una comparación de media de TUKEY y una probabilidad estadística ($p < 0.05$) para todos los elementos analizados.

7. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

7.1. Obtención de extractos a partir de insectos comestibles

Sólo se realizaron extractos para las siguientes muestras: PI01, CG01 PE01, CC01, CH02, JU02, CH03, CG03, PI04, CC05, PE05, Y JU05 de acuerdo a los resultados preliminares obtenidos en el grupo de trabajo.

Los diferentes disolventes orgánicos utilizados (etanol, metanol y ácido acético) son permitidos como coadyuvantes en alimentos, según el Acuerdo de la COFEPRIS y con los principios de las BPF (COFEPRIS, 2012).

En la tabla 4 se observan los rendimientos (% m/m) de los diferentes extractos. Para el caso de los extractos acuosos se observa que los extractos obtenidos con una solución de NaCl presentan el mayor rendimiento, (15 - 40 %) con respecto a los extractos de agua, los resultados infieren que probablemente el NaCl se ha cristalizado durante la liofilización y no necesariamente exista una mayor extracción de compuestos antioxidantes, de acuerdo con resultados similares obtenidos en el grupo de trabajo, donde estos extractos presentan muy bajas actividades antioxidantes.

Para los extractos con disolventes orgánicos, el tipo de disolvente es un factor que influye en el rendimiento de extracción, ya que aquellos extractos obtenidos a partir de ácido acético presentaron los mayores rendimientos para el caso de jumiles y chapulines (15.2 y 25.6 %, respectivamente). Por otra parte, se observa que los extractos de gusano de maguey de la penca (PE) y chapulines adultos (CG) presentaron mayor rendimiento en extractos acuosos que con disolventes, lo cual es bueno si presentan buenas actividades antioxidantes, debido a que se podrían eliminar residuos orgánicos; sin embargo lo extractos de gusanos de

maguey de la piña (PI) y chapulines en el quinto estadio de la ninfa (CC) se observó que los rendimientos fueron mayores con el disolvente en comparación con la extracción en agua.

Los resultados no presentan una tenencia con respecto a un solo disolvente (acuoso u orgánico), ya que los diferentes extractos pueden tener sustancias antioxidantes de diferentes polaridades, lo que permite recuperar extractos tanto en disolventes acuosos como orgánicos. Aquellos extractos con mayor rendimiento en solución acuosa infieren que pueden presentar mayor cantidad de compuestos polares parecidos al agua, como pueden ser compuestos fenólicos (Rosales y González, 2003).

Tabla 6. Rendimiento de los diferentes extractos de insectos comestibles.

Extractos acuosos	Rendimiento (%)	Extractos con disolventes orgánicos	Rendimiento (%)
PI01	1.8	PI04	7
JU02	39	JU05	15.2
CC01	8.6	CC05	25.6
PE01	7.8	PE05	3.6
CH02	28.2	CH03	6.38
CG01	15.98	CG03	2.55

7.2. Cuantificación de moléculas antioxidantes

7.2.1. Cuantificación de proteína

A partir de la ecuación de la curva patrón de albúmina sérica bovina (BSA) (ver anexo), se calculó el contenido de proteína presente en los diferentes extractos como se muestra en la figura 9.

El método de Bradford se basa en la unión específica del colorante azul brillante G a los residuos de arginina, triptófano, tirosina, histidina y fenilalanina de las proteínas presentes en las muestras evaluadas, también están involucradas en la formación del color las interacciones de Vander Waals y las interacciones hidrofóbicas (Santos *et al.*, 2014).

En la figura 9, se observan los resultados de la concentración de proteína presente en los diferentes extractos. De forma general se puede observar que los extractos con mayor concentración de proteína se observan en ácido acético al 30%, seguido de los extractos acuosos, extractos con metanol y finalmente los extractos con etanol.

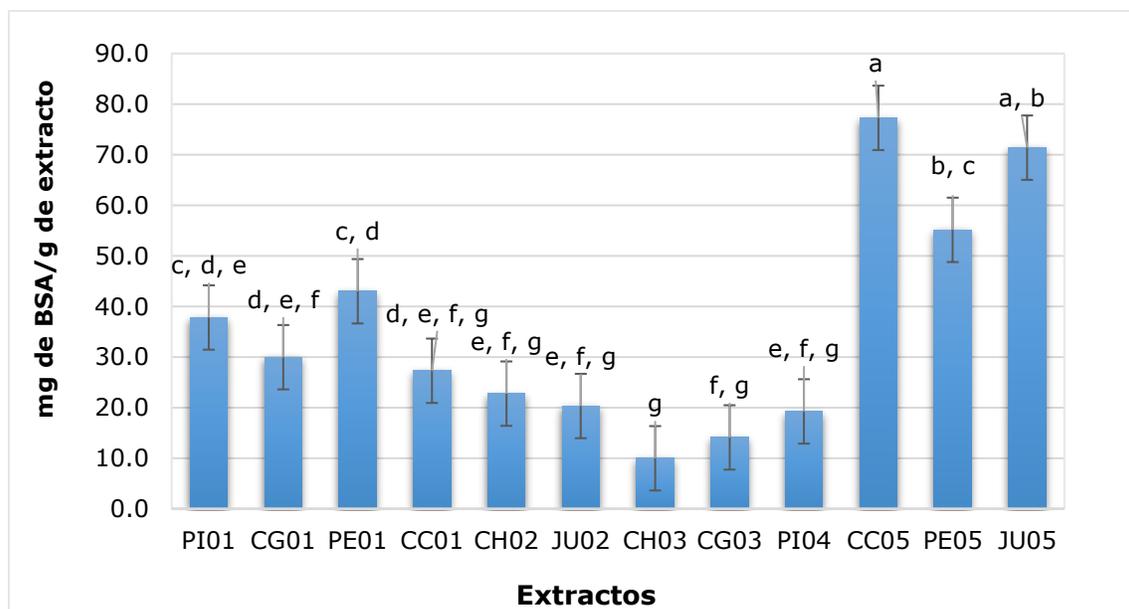


Figura 9. Contenido de proteína en extractos obtenidos de insectos comestibles

Las letras diferentes sobre las barras representan diferencia significativa entre las medias ($p < 0.05$).

Se puede observar que existen diferencias significativas entre los extractos obtenidos del mismo insecto ($p < 0.05$). Los extractos PI, CG, CH extraídos en medio acuoso presentan mayor concentración de proteína

(25 al 40%) en comparación con sus extractos en metanol y etanol. Por otra parte, los extractos en ácido acético presentaron las mayores concentraciones (55 al 75%) en comparación con el mismo insecto extraído en solución acuosa.

En el caso del ácido acético, las proteínas se desnaturalizan por lo que sus aminoácidos tienen una mayor interacción con el disolvente, lo cual puede explicar la mayor actividad en las muestras que utilizaron este disolvente para la extracción (Horton *et al.*, 2008).

Se ha reportado que la presencia de péptidos antioxidantes; presentan intervalos de peso molecular de 500 a 1800 Da, asimismo, a menudo incluyen restos de aminoácidos hidrofóbicos como Val o Leu en el amino terminal, así como Pro, His, Tir, Trp, Met y Cis en sus secuencias. Algunos han sido obtenidos a partir de proteínas de origen vegetal, por ejemplo, los péptidos antioxidantes de la proteína de soya están compuestos de 3 a 16 aminoácidos incluyendo los aminoácidos hidrofóbicos valina o leucina en las posiciones amino terminal, así como prolina, histidina o tirosina en la secuencia, los cuales tienen gran potencial para ser utilizados en el desarrollo de antioxidantes seguros para la industria de alimentos (Gallegos *et al.*, 2013).

7.2.2. Cuantificación de fenoles totales

A partir de la curva patrón de ácido gálico (ver anexo), se calculó el contenido de fenoles totales. En la figura 10 se observan los valores del contenido de fenoles totales para los diferentes extractos.

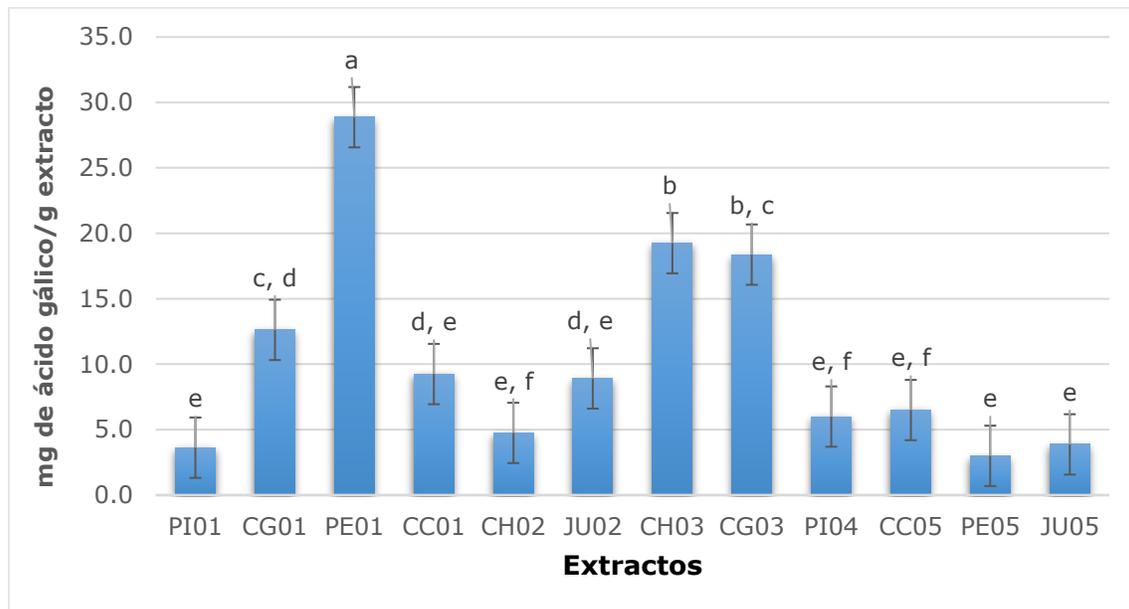


Figura 10. Contenido de fenoles totales en extractos obtenidos de insectos comestibles.
 Las letras diferentes sobre las barras representan diferencia significativa entre las medias ($p < 0.05$).

El extracto PE01 contiene una mayor cantidad de fenoles totales dentro de la molécula (27 mg de ácido gálico/g de extracto), siendo significativamente diferente a los demás ($p < 0.05$). Sin embargo, también se puede observar que los extractos de chapulín y chicanas en etanol (CG03 y CH03), presentan concentraciones de fenoles totales de aproximadamente 20 mg de ácido gálico/g de extracto. Todas estas muestras presentan concentraciones mayores a lo reportado por Sotelo *et al.* (2010), quienes trabajaron con pulpa de borojó (*Borojoa patinoi cuatrecasas*) y reportaron una concentración de polifenoles totales de 2-12 mg de ácido gálico/g. Los resultados pueden indicar que todas las muestras analizadas pueden tener una alta actividad antioxidante; sin embargo, se ha reportado en la bibliografía que el contenido fenólico en algunas plantas, no se relaciona con una alta actividad antioxidante, si no con el mecanismo de acción de los polifenoles presentes (Gutiérrez *et al.*, 2008). Por ejemplo, algunos polifenoles están ampliamente distribuidos

en el reino vegetal y son importantes en la capacidad antioxidante, teniendo que, los compuestos fenólicos en las semillas de legumbres son particularmente flavonoides, ácidos fenólicos y procianidinas, la capacidad antioxidante de las legumbres puede verse influenciada por su composición compleja como polisacáridos activos, proteínas, aminoácidos, vitaminas y microelementos (Zhao *et al.*, 2014).

La efectividad general de los antioxidantes naturales depende de la participación del hidrógeno fenólico en reacción con los radicales, la estabilidad del radical del antioxidante formado durante las reacciones radicales y las sustituciones químicas presentes en la estructura. Las sustituciones en la estructura son probablemente la contribución más significativa a la capacidad de un antioxidante natural para participar en el control de reacciones radicales, y la formación de radicales del antioxidante estabilizados por resonancia (figura 11).

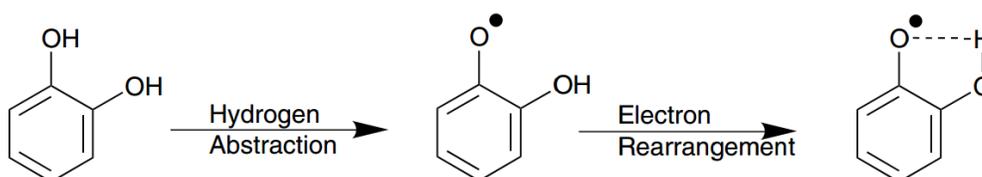


Figura 11. Enlace de hidrógeno intramolecular de fenoles orto sustituidos propuesto por Baum y Perun.

Tomada de Pokorny et al., 2001.

La capacidad de donación de electrones de las sustituciones de metilo, etilo y butilo terciario en las posiciones orto y para a los grupos hidroxilo mejora en gran medida la actividad antioxidante del fenol. Además, las sustituciones del grupo hidroxilo en estas posiciones mejorará la actividad antioxidante (Pokorny *et al.*, 2001).

7.2.3. Cuantificación de taninos

Los extractos se hicieron reaccionar con PVPP un agente de clarificación insoluble en agua para formar un complejo insoluble y de esta manera separar los taninos de otros polifenoles como los flavonoides. En la figura 11 se muestra que los extractos PI01, JU02, CG03 y PI04 que presentan una concentración de 2 a 6 mg de taninos/g de extracto, sin embargo, en los extractos CG01, PE01, CC01, CH02, CH03, CC05, PE05 y JU05 no se detectaron taninos (datos no presentados en la figura). Los extractos obtenidos en disolventes orgánicos presentaron las mayores concentraciones y son estadísticamente diferentes a los extractos acuosos esto se debe a que los taninos se dividen en dos grupos, taninos hidrosolubles y taninos condensados. Los taninos condensados tienen un núcleo central, un alcohol polihídrico como la glucosa, y grupos hidroxilo que se encuentran esterificados parcial o completamente bien con el ácido gálico o bien con el ácido hexahidroxidifénico, formando los galotaninos y elagitaninos, respectivamente. Tras la hidrólisis con ácidos, base o ciertas enzimas, los galotaninos da glucosa y ácido gálico (Martínez *et al.*, 2000) El extracto de gusanos de maguey de la piña presentó una mayor concentración de taninos tanto en su extracto orgánico PI04 (6 mg de taninos/g de extracto) como en el acuoso PI01 (1.8 mg de taninos/g de extracto), en comparación con lo reportado por autores como López (2010), que reporta concentraciones de 0.040-0.080 mg de taninos/g de extracto de tamarindo, y Parra *et al.* (2016) con valores de 0.059-0.294 mg/g de extractos de frutos de *L. rigida* y extractos de semillas de *L. tomentosa*.

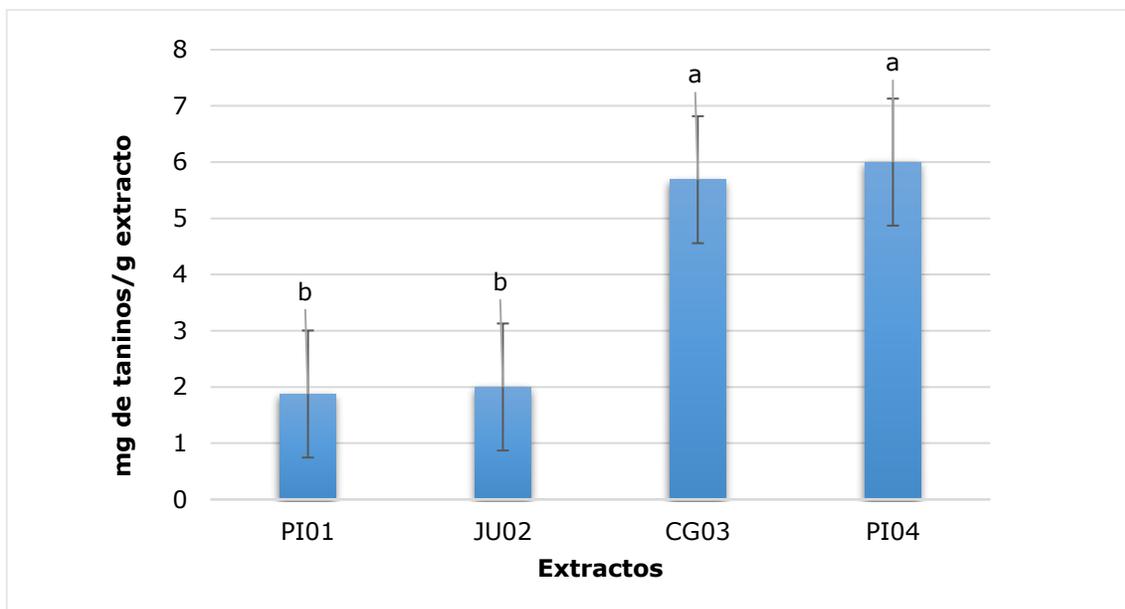


Figura 12. Contenido de taninos en extractos obtenidos de insectos comestibles.

Las letras diferentes sobre las barras representan una diferencia significativa entre las medias ($p < 0.05$).

7.2.4. Cuantificación de flavonoides

A partir de la curva patrón de rutina (ver anexo) se calculó el contenido de flavonoides, por medio de un método colorimétrico con $AlCl_3$ el cual forma complejos estables con el grupo ceto del C-4, y los hidroxilos del C-3 de flavonoles, y C-5 de flavonas.

En la figura 12 se observa que todas las muestras presentan concentración de flavonoides de 18 a 68 mg de rutina/g de extracto, siendo el extracto CG03 el que presenta la mayor concentración de flavonoides, además de ser estadísticamente diferente a los demás extractos. Los resultados obtenidos son similares a lo reportado en plantas como *L. rigida* y extractos de semillas de *L. tomentosa* los cuales van de los 10- 90 mg ácido tánico/g de extractos (Parra *et al.*, 2016) y a

lo reportado por López *et al.* (2018) en extractos de semilla de tamarindo (30 mg de catequina/g de extracto seco).

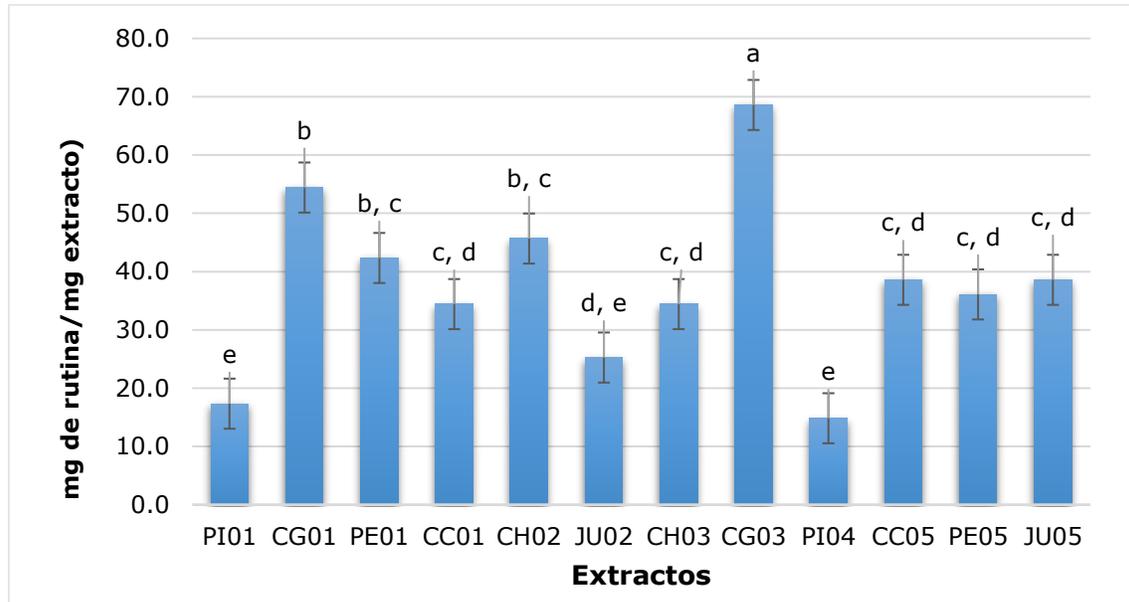


Figura 13. Contenido de flavonoides en extractos de insectos comestibles.

Las letras diferentes sobre las barras representan una diferencia significativa entre las medias ($p < 0.05$).

Con todos los resultados obtenidos se realizó un Análisis de Componentes Principales (ACP) para seleccionar los extractos que presenten la mayor concentración de las posibles moléculas que pueden actuar como antioxidantes (figura 13).

Como se observa en el ACP se tiene un 75.12 % de la variabilidad de las mientras. Se observa que las muestras con mayor concentración de polifenoles totales, flavonoides y proteína son: PE01, CG01, CG03, CH03, CC05, JU05 y PE05, por lo que fueron los extractos que se analizaron para el efecto de pH y tratamiento térmico.

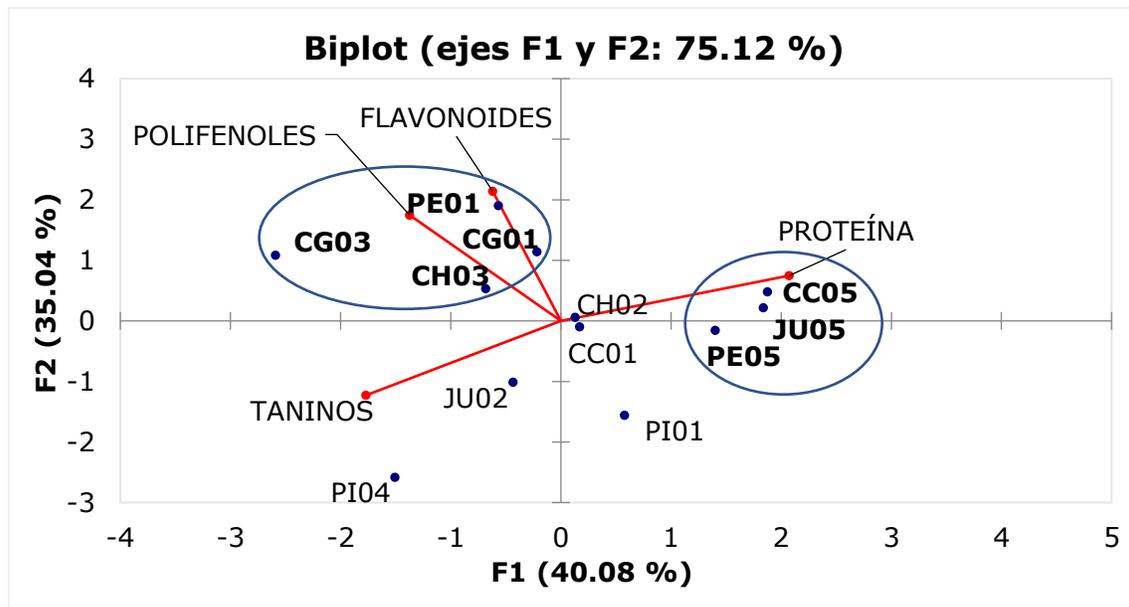


Figura 14. Análisis de componentes principales de los extractos de insectos. Variables analizadas: polifenoles totales, flavonoides, taninos y proteína.

Los extractos con las concentraciones más altas se agrupan en clúster marcados en un círculo.

7.3. Evaluación de la actividad antioxidante

A partir de la curva patrón (ver anexo), se determinó la actividad antioxidante FRAP. En la tabla 7, se observan las actividades antioxidantes de FRAP y DPPH de los extractos seleccionados, como se observa el extracto PE01 y CG03 presentan la mayor actividad FRAP (56.81 ± 0.267 Y 50.79 ± 0.982 , respectivamente) y los extractos CG03, CC05 y PE05 presentan la mayor actividad DPPH (118.37 ± 1.98 , 95.87 ± 6.11 , 119.01 ± 7.23 , respectivamente).

Tabla 7. Actividad antioxidante de extractos de insectos.

Extractos	Actividad antioxidante	
	FRAP <i>Equivalentes μg de TROLOX/ mL extracto</i>	DPPH
PE01	56.81 \pm 0.267^a	58.15 \pm 3.72 ^c
CG01	15.50 \pm 0.660 ^e	47.7 \pm 1.35 ^c
CG03	50.79 \pm 0.982^b	118.37 \pm 1.98^a
CH03	13.22 \pm 0.345 ^f	59.33 \pm 9.13 ^c
CC05	33.12 \pm 0.946 ^c	95.87 \pm 6.11^b
JU05	18.29 \pm 0.503 ^d	52.87 \pm 1.68 ^c
PE05	15.04 \pm 0.420 ^e	119.01 \pm 7.23^a

Las letras como superíndice representan diferencia significativa entre los renglones de la misma columna ($p < 0.05$).

7.4. Efecto del tratamiento térmico y pH

Para cada uno de los extractos seleccionados de acuerdo al ACP, se les realizó el tratamiento individual o en combinación de acuerdo a la tabla 3 del apartado 6.4, una vez terminados los tratamientos, las muestras fueron evaluadas para determinar su actividad antioxidante y cuantificación de moléculas antioxidantes. En las tablas 8, 9, 10 y 11 se presentan los resultados de los extractos PE01, CG03, CC05 y PE05, ya que son aquellos que presentaron las mayores actividades antioxidantes antes y después de los tratamientos térmicos, además de presentar diferencia significativa con los extractos restantes. Los resultados de los extractos que no son discutidos en este apartado, se presentan en el anexo.

Al observar la capacidad reductora realizada por medio de la técnica de FRAP en la tabla 8, el extracto PE01 tratamiento 15 tiene un aumento significativo con respecto al control (176.43 ± 2.082 y 56.81 ± 0.267 , respectivamente), se muestra que los compuestos fenólicos tienen una mayor capacidad reductora debido a que forman un complejo azul con la tripiridiltriazina en pH ácido siendo capaces de reducir el Fe^{3+} a Fe^{2+} (Benzie y Strain, 1996). También se ve favorecido el extracto al someterlo

al tratamiento 3 y 7, donde se tiene un aumento con respecto al control (62.99 ± 1.751 , 61.34 ± 1.976 y 56.81 ± 0.267 , respectivamente), en cuanto a estos tratamientos se puede ver en la misma tabla que el porcentaje de reducción del radical DPPH tiene los porcentajes más altos $108.37 \pm 2.19\%$ para PE01 tratamiento 3 y $108.06 \pm 2.12\%$ para PE01 tratamiento 7, esto es causado al contenido de fenoles totales que presentan (27.17 ± 0.52 y 26.75 ± 1.56 , respectivamente) pero se puede notar que al someter al extracto al tratamiento 7 tiene una disminución en el contenido de flavonoides en base al control, mientras que con el tratamiento 3 no hay diferencia significativa (25.25 ± 7.07 , 41.92 ± 5.20 , 53.58 ± 14.14 , respectivamente), teniendo entre ellos la diferencia que en el tratamiento 3 solo es el tratamiento térmico, en el cual se tiene un favorecimiento en la persistencia de los flavonoides.

En el caso del extracto CG03 (tabla 9) tiene una capacidad reductora por FRAP estable sin importa la modificación de los tratamientos térmicos, también se puede notar que tiene una pequeña diferencia significativa en las combinaciones de pH y tratamiento térmico respecto a control, mientras que en el porcentaje de reducción del radical DPPH mantiene una estabilidad en los diferentes tratamientos, siendo así los resultados obtenidos de interés, ya que los compuestos antioxidantes naturales utilizados en la industria son inestables a temperaturas de proceso como la pasteurización o cocción. El contenido de polifenoles totales se ve favorecido por someterlo al tratamiento 2, 3, 6, 7, 10 y 15 con respecto al control, en ellos se realizó un tratamiento térmico el cual apoya su uso dentro de los alimentos ya que es capaz de resistir una temperatura de 72°C durante 15 s y 95°C durante 30 min, respecto al pH se mantiene mejor entre 4 y 6, de igual modo el contenido de flavonoides se tiene el valor más alto de 224.14 ± 5.09 mg de rutina/g de extracto en el control donde se tiene una diferencia significativa con los demás tratamientos, a

pesar de que se tiene una disminución del contenido de flavonoides en los diferentes tratamientos sigue manteniendo su actividad antioxidante. El contenido de ácidos hidroxicinámicos se ve favorecido en los tratamientos que solo tienen modificación de pH y en el tratamiento térmico de 72°C durante 15 s, pero al someterlo a los demás tratamientos ya no es detectable por la metodología.

Por otro lado, el extracto CC05 (tabla 10) y PE05 (tabla 11), se tiene un buen porcentaje de reducción del radical de DPPH al solo someterlos a los tratamientos térmicos, pero al hacer los demás tratamientos se observa como disminuye, estas afectaciones también se ven reflejadas en el contenido de flavonoides y contenido de polifenoles totales.

Beak, *et al.* (2019) reporta el contenido de polifenoles totales de larvas de *T. molitor* por varios métodos de cocinado, teniendo en las larvas de *T. molitor* liofilizadas contenían el mayor contenido fenólico (9.23 ± 0.09 mg GAE/g) y tenía el DPPH más fuerte; los extractos PE01 y CG03 contienen un mayor que las larvas de *T. molitor* (13.46 ± 0.62 y 10.67 ± 0.75 , respectivamente).

Algo semejante ocurre con el contenido fenólico en aguacate, se observa que mayor cantidad de polifenoles mayor actividad FRAP, siendo así reportado por Calderón, *et al.* (2016) en el extracto de la semilla contiene 2.8 ± 0.8 mg GAE/g y en el extracto de la piel 10.9 ± 1.03 mg GAE/g, los cuales tienen una actividad FRAP de 9.5 ± 1.6 y 23.1 ± 5.9 mg equivalentes de TROLOX/g de extracto, respectivamente. Mientras que los extractos PE01 y CG03 contienen un contenido de polifenoles de 13.46 ± 0.62 y 10.67 ± 0.75 mg GAE/g, respectivamente y una actividad FRAP de 56.81 ± 0.267 y 50.79 ± 0.982 mg equivalente de TROLOX/g de extracto, respectivamente; se puede ver la misma tendencia.

Así como se tiene una función antioxidante tanto como las larvas de *T. molitor* y los extractos de aguacate, los extractos obtenidos en este trabajo principalmente el extracto CG03 al tener una estabilidad al someterlo a los tratamientos y su actividad antioxidante se provo su uso en un embutido cárnico.

Tabla 8. Actividad antioxidante y cuantificación de moléculas antioxidantes después del tratamiento pH y temperatura del extracto PE01.

Tratamiento		Actividad antioxidante		Cuantificación de moléculas antioxidantes			
pH	Temperatura / tiempo	FRAP ¹	DPPH (%)	Proteína ²	Polifenoles totales ³	Flavonoides ⁴	Ácidos hidroxicinámicos ⁵
Sin modificación de pH	Sin tratamiento térmico	56.81 ± 0.267 ^C	58.15 ± 3.72 ^{B, C}	31.21 ± 1.79 ^{C, D, E}	13.46 ± 0.62 ^F	41.92 ± 5.20 ^{A, B, C}	-
	64°C / 30 min	18.78 ± 0.286 ^G	28.55 ± 0.98 ^F	23.47 ± 2.15 ^{D, E, F}	24.75 ± 1.32 ^{B, C}	35.25 ± 9.43 ^{A, B, C}	-
	72°C / 15 s	27.9 ± 1.629 ^F	52.43 ± 7.21 ^{B, C, D}	53.36 ± 4.06^A	20.92 ± 0.80 ^D	26.95 ± 4.74 ^{B, C}	-
	95°C / 30 min	62.99 ± 1.751^B	108.37 ± 2.19^A	27.65 ± 3.03 ^{C, D, E, F}	27.17 ± 0.52^{A, B}	53.58 ± 14.14^{A, B}	-
4	Sin tratamiento térmico	15.95 ± 0.090 ^{G, I}	37.36 ± 4.92 ^{D, E, F}	15.50 ± 1.00 ^{F, G}	13.71 ± 0.44 ^F	34.83 ± 1.77 ^{A, B, C}	-
	64°C / 30 min	17.21 ± 0.244 ^G	35.97 ± 2.95 ^{D, E, F}	10.33 ± 0.76 ^G	26.25 ± 0.66^{A, B}	59.14 ± 11.09^A	-
	72°C / 15 s	59.25 ± 1.572 ^{B, C}	58.92 ± 9.18 ^B	38.12 ± 4.66 ^C	20.92 ± 0.80 ^D	20.25 ± 4.74 ^B	-
	95°C / 30 min	61.34 ± 1.976^B	108.06 ± 2.12^A	17.46 ± 1.77 ^{E, F, G}	26.75 ± 1.56^{A, B}	25.25 ± 7.07 ^C	-
6	Sin tratamiento térmico	12.63 ± 0.346 ^{H, I}	51.35 ± 7.36 ^{B, C, D}	30.98 ± 2.73 ^{C, D}	12.71 ± 0.61 ^F	40.67 ± 4.12 ^{A, B, C}	-
	64°C / 30 min	17.64 ± 0.532 ^G	34.97 ± 3.94 ^{E, F}	19.78 ± 1.56 ^{E, F, G}	27.17 ± 1.61^{A, B}	34.42 ± 1.18 ^{A, B, C}	-
	72°C / 15 s	40.20 ± 1.412 ^D	47.48 ± 3.48 ^{B, C, D, E}	49.90 ± 4.93 ^{A, B}	17.42 ± 2.04 ^E	25.25 ± 2.33 ^C	-
	95°C / 30 min	33.80 ± 0.724 ^E	96.00 ± 4.59^A	39.19 ± 3.22 ^{B, C}	24.92 ± 0.88^{A, B, C}	61.92 ± 11.79^A	-
8	Sin tratamiento térmico	8.78 ± 0.549 ^J	43.47 ± 0.97 ^{C, D, E, F}	27.29 ± 4.04 ^{B, C, D}	13.75 ± 0.55 ^F	46.64 ± 8.09 ^{A, B, C}	-
	64°C / 30 min	9.65 ± 0.213 ^{I, J}	43.39 ± 0.33 ^{C, D, E, F}	27.05 ± 1.09 ^{D, E, F}	27.92 ± 1.01^A	46.92 ± 2.35 ^{A, B, C}	-
	72°C / 15 s	29.71 ± 2.095 ^F	49.18 ± 2.45 ^{B, C, D}	54.31 ± 5.13^A	14.92 ± 0.63 ^{E, F}	22.48 ± 1.93 ^C	-
	95°C / 30 min	176.43 ± 2.082^A	49.65 ± 5.35 ^{B, C, D}	49.79 ± 5.29 ^{A, B}	22.58 ± 0.38 ^{C, D}	32.47 ± 5.09 ^{B, C}	-

¹mg equivalente de TROLOX/g de extracto ²mg de BSA/g de extracto ³mg de ácido gálico/g de extracto ⁴mg de rutina/g de extracto ⁵mg de ácido cafeico/g de extracto. Las letras como superíndice representan diferencia significativa entre los renglones de la misma columna (p<0.05)

Tabla 9. Actividad antioxidante y cuantificación de moléculas antioxidantes después del tratamiento pH y temperatura del extracto CG03.

Tratamiento		Actividad antioxidante			Cuantificación de moléculas antioxidantes		
pH	Temperatura / tiempo	FRAP ¹	DPPH (%)	Proteína ²	Polifenoles totales ³	Flavonoides ⁴	Ácidos hidroxicinámicos ⁵
Sin modificación de pH	Sin tratamiento térmico	50.79 ± 0.982^A	118.37 ± 1.98^A	52.29 ± 2.02^A	10.67 ± 0.75 ^D	224.14 ± 5.09^A	3.28 ± 0.88 ^C
	64°C / 30 min	51.19 ± 1.101^A	101.91 ± 4.67 ^{A, B}	32.53 ± 4.14 ^{B, C, D}	10.59 ± 0.51 ^D	97.75 ± 1.17 ^{D, E, F}	2.50 ± 0.22 ^C
	72°C / 15 s	45.52 ± 0.659 ^{A, B, C, D, E}	101.29 ± 5.39 ^{A, B}	31.93 ± 0.36 ^{C, D, E}	22.92 ± 1.89 ^B	103.59 ± 4.72 ^{C, D, E}	8.44 ± 0.22 ^B
	95°C / 30 min	49.63 ± 1.206 ^{A, B}	102.12 ± 1.07 ^{A, B}	28.12 ± 1.49 ^{D, E, F, G}	22.75 ± 1.25 ^B	88.59 ± 2.35 ^{E, F, G}	3.59 ± 0.44 ^C
4	Sin tratamiento térmico	41.02 ± 0.344 ^{D, E, F, G, H}	112.20 ± 9.26 ^{A, B}	40.98 ± 4.26 ^{A, B, C}	11.25 ± 0.82 ^D	132.75 ± 10.61 ^B	11.41 ± 0.94^A
	64°C / 30 min	46.33 ± 0.458 ^{A, B, C, D}	105.20 ± 8.55 ^{A, B}	43.00 ± 6.90 ^{A, B}	11.92 ± 0.69 ^D	123.59 ± 2.35 ^{B, C}	-
	72°C / 15 s	40.55 ± 0.516 ^{E, F, G, H}	101.70 ± 10.15 ^{A, B}	31.21 ± 2.50 ^{C, D, E, F}	23.50 ± 0.43 ^B	113.59 ± 4.72 ^{B, C, D}	-
	95°C / 30 min	36.03 ± 0.793 ^{H, I}	107.05 ± 7.58 ^{A, B}	29.07 ± 1.99 ^{D, E, F, G}	23.50 ± 2.38 ^B	88.58 ± 7.07 ^{E, F, G}	-
6	Sin tratamiento térmico	39.52 ± 1.178 ^{F, G, H, I}	117.85 ± 1.31 ^{A, B}	24.07 ± 3.54 ^{D, E, F, G}	12.71 ± 0.61 ^D	131.91 ± 5.77 ^B	9.32 ± 0.65 ^{A, B}
	64°C / 30 min	37.16 ± 1.279 ^{H, I}	97.80 ± 0.62 ^{B, C}	23.36 ± 2.02 ^{D, E, F, G}	10.96 ± 1.09 ^D	130.81 ± 5.85 ^B	-
	72°C / 15 s	44.75 ± 1.076 ^{B, C, D, E, F}	100.06 ± 2.49 ^{A, B}	26.57 ± 5.26 ^{D, E, F, G}	22.17 ± 1.53 ^B	103.59 ± 4.72 ^{C, D, E}	-
	95°C / 30 min	43.15 ± 5.682 ^{C, D, E, F, G}	108.60 ± 5.67 ^{A, B}	22.76 ± 3.47 ^{D, E, F, G}	20.58 ± 3.45 ^{B, C}	115.25 ± 6.67 ^{B, C, D}	-
8	Sin tratamiento térmico	38.72 ± 2.326 ^{G, H, I}	78.25 ± 6.83 ^D	21.69 ± 3.67 ^{E, F, G}	8.08 ± 0.14 ^D	76.09 ± 5.89 ^{F, G}	7.76 ± 0.95 ^B
	64°C / 30 min	46.87 ± 2.709 ^{A, B, C}	82.16 ± 3.72 ^{C, D}	20.15 ± 1.99 ^{F, G}	8.21 ± 0.14 ^D	72.47 ± 7.70 ^G	-
	72°C / 15 s	34.08 ± 0.198 ^I	79.69 ± 5.25 ^D	21.10 ± 0.41 ^G	16.83 ± 1.61 ^C	101.92 ± 7.07 ^{C, D, E}	-
	95°C / 30 min	20.63 ± 0.498 ^J	95.02 ± 13.53 ^{C, D}	-	28.17 ± 2.02^A	46.92 ± 0.00 ^H	-

¹mg equivalente de TROLOX/g de extracto ²mg de BSA/g de extracto ³mg de ácido gálico/g de extracto ⁴mg de rutina/g de extracto ⁵mg de ácido cafeico/g de extracto. Las letras como superíndice representan diferencia significativa entre los renglones de la misma columna (p<0.05)

Tabla 10. Actividad antioxidante y cuantificación de moléculas antioxidantes después del tratamiento pH y temperatura del extracto CC05.

Tratamiento		Actividad antioxidante		Cuantificación de moléculas antioxidantes			
pH	Temperatura / tiempo	FRAP ¹	DPPH (%)	Proteína ²	Polifenoles totales ³	Flavonoides ⁴	Ácidos hidroxicinámicos ⁵
Sin modificación de pH	Sin tratamiento térmico	33.12 ± 0.946^A	95.87 ± 6.11 ^{A, B, C, D}	65.07 ± 2.23^A	8.88 ± 0.82 ^{F, G}	38.58 ± 0.00 ^{C, D, E, F}	5.36 ± 1.00 ^{A, B}
	64°C / 30 min	27.71 ± 0.904 ^C	116.15 ± 0.94^A	69.60 ± 8.35^A	8.31 ± 0.22 ^G	50.96 ± 8.24 ^{B, C, D, E}	4.38 ± 0.22 ^B
	72°C / 15 s	27.36 ± 1.853 ^{B, C}	115.48 ± 11.29 ^{A, B}	63.46 ± 2.11^A	13.08 ± 0.29 ^{A, B, C}	55.96 ± 10.61 ^{B, C, D}	4.69 ± 0.22 ^{A, B}
	95°C / 30 min	30.42 ± 1.742 ^{A, B}	111.05 ± 2.14 ^{A, B}	61.20 ± 2.08^A	12.17 ± 0.44 ^{A, B, C, D}	63.46 ± 4.71 ^{B, C}	5.16 ± 0.88 ^{A, B}
4	Sin tratamiento térmico	22.23 ± 0.537 ^E	96.20 ± 7.04 ^{A, B, C, D}	35.07 ± 6.00 ^{B, C}	10.13 ± 0.74 ^{D, E, F, G}	35.96 ± 3.54 ^{D, E, F, G}	6.72 ± 0.63^A
	64°C / 30 min	25.81 ± 0.750 ^{C, D}	98.42 ± 9.34 ^{A, B, C}	46.02 ± 1.15 ^B	9.54 ± 0.16 ^{D, E, F, G}	65.13 ± 5.89 ^B	-
	72°C / 15 s	23.41 ± 0.989 ^{D, E}	111.27 ± 10.31 ^{A, B}	36.50 ± 0.93 ^{B, C}	14.04 ± 2.31 ^{A, B}	40.96 ± 3.54 ^{C, D, E, F}	-
	95°C / 30 min	25.17 ± 0.931 ^{C, D, E}	94.43 ± 9.17 ^{A, B, C, D}	33.23 ± 1.09 ^C	14.94 ± 1.50^A	45.13 ± 8.34 ^{B, C, D, E}	-
6	Sin tratamiento térmico	15.48 ± 0.229 ^F	85.89 ± 1.41 ^{B, C, D, E}	19.90 ± 2.78 ^D	11.63 ± 0.07 ^{B, C, D, E}	130.96 ± 8.24^A	4.32 ± 0.36 ^B
	64°C / 30 min	11.89 ± 0.465 ^{G, H, I}	72.93 ± 11.36 ^{D, E, F}	-	11.19 ± 0.41 ^{C, D, E, F}	32.85 ± 5.58 ^{E, F, G}	-
	72°C / 15 s	10.10 ± 0.394 ^{H, I, J}	76.25 ± 2.82 ^{C, D, E, F}	41.20 ± 1.34 ^{B, C}	11.63 ± 1.07 ^{B, C, D, E}	32.63 ± 8.25 ^{E, F, G, H}	-
	95°C / 30 min	13.86 ± 0.169 ^{F, G}	67.38 ± 12.34 ^{E, F, G}	34.83 ± 5.18 ^{B, C}	10.17 ± 1.28 ^{D, E, F, G}	15.96 ± 1.17 ^{G, H}	-
8	Sin tratamiento térmico	11.89 ± 0.845 ^{G, H, I}	52.75 ± 2.14 ^{F, G, H}	41.44 ± 0.63 ^{B, C}	8.88 ± 0.33 ^{F, G}	54.30 ± 1.18 ^{B, C, D}	3.59 ± 0.00 ^B
	64°C / 30 min	9.00 ± 1.885 ^{I, J}	47.66 ± 1.76 ^{G, H}	41.92 ± 6.59 ^{B, C}	8.08 ± 0.79 ^G	37.07 ± 1.27 ^{D, E, F}	-
	72°C / 15 s	12.78 ± 0.121 ^{F, G, H}	47.88 ± 8.26 ^{G, H}	40.96 ± 2.63 ^{B, C}	9.29 ± 0.57 ^{E, F, G}	23.04 ± 1.77 ^{F, G, H}	-
	95°C / 30 min	8.49 ± 0.383 ^J	33.69 ± 3.76 ^H	18.74 ± 1.14 ^D	7.54 ± 0.51 ^G	10.55 ± 2.95 ^H	-

¹mg equivalente de TROLOX/g de extracto ²mg de BSA/g de extracto ³mg de ácido gálico/g de extracto ⁴mg de rutina/g de extracto ⁵mg de ácido cafeico/g de extracto. Las leras como superíndice representan diferencia significativa entre los renglones de la misma columna (p<0.05)

Tabla 11. Actividad antioxidante y cuantificación de moléculas antioxidantes después del tratamiento pH y temperatura del extracto PE05.

Tratamiento		Actividad antioxidante		Cuantificación de moléculas antioxidantes			
pH	Temperatura / tiempo	FRAP ¹	DPPH (%)	Proteína ²	Polifenoles totales ³	Flavonoides ⁴	Ácidos hidroxicinámicos ⁵
Sin modificación de pH	Sin tratamiento térmico	15.04 ± 0.420 ^{E, F}	119.01 ± 7.23^A	51.86 ± 3.27 ^D	7.12 ± 0.66 ^{E, F, G}	36.08 ± 1.18 ^{F, G}	9.84 ± 0.83 ^{A, B}
	64°C / 30 min	36.11 ± 1.991^A	99.18 ± 8.85 ^{A, B}	141.56 ± 2.50 ^B	8.69 ± 1.27 ^{D, E}	111.24 ± 4.11 ^{B, C}	12.03 ± 0.88^A
	72°C / 15 s	32.15 ± 2.767 ^B	89.17 ± 3.99 ^{B, C}	88.17 ± 3.72 ^C	15.09 ± 1.71^A	122.21 ± 8.84 ^B	3.59 ± 1.33 ^C
	95°C / 30 min	30.28 ± 1.125 ^B	103.88 ± 6.73 ^{A, B}	184.78 ± 1.99^A	11.88 ± 0.35 ^{B, C}	200.96 ± 9.17^A	12.03 ± 1.43^A
4	Sin tratamiento térmico	24.60 ± 1.037 ^C	60.55 ± 9.04 ^{D, E}	4.71 ± 0.00 ^H	6.75 ± 1.03 ^{E, F, G}	23.46 ± 0.00 ^G	5.78 ± 3.09 ^{B, C}
	64°C / 30 min	17.97 ± 0.902 ^{D, E}	35.62 ± 9.54 ^{F, G}	16.50 ± 1.00 ^{F, G}	6.82 ± 0.41 ^{E, F, G}	69.29 ± 9.61 ^{D, E}	-
	72°C / 15 s	15.81 ± 0.54 ^{E, F}	59.53 ± 4.34 ^{D, E, F}	22.39 ± 1.12 ^{E, F, G}	13.71 ± 1.42 ^{A, B}	72.63 ± 10.61 ^{D, E}	-
	95°C / 30 min	20.91 ± 1.708 ^{C, D}	67.50 ± 8.67 ^{C, D}	13.02 ± 0.38 ^{G, H}	13.63 ± 0.22 ^{A, B}	125.68 ± 12.06 ^B	-
6	Sin tratamiento térmico	13.55 ± 1.851 ^F	50.95 ± 9.07 ^{D, E, F, G}	12.93 ± 0.51 ^{G, H}	7.50 ± 1.06 ^{D, E, F, G}	87.90 ± 8.09 ^{C, D}	-
	64°C / 30 min	13.67 ± 1.732 ^F	66.58 ± 4.77 ^{C, D}	24.77 ± 2.31 ^{E, F, G}	10.25 ± 0.55 ^{C, D}	29.85 ± 4.11 ^G	-
	72°C / 15 s	13.02 ± 1.045 ^F	30.10 ± 9.54 ^G	14.98 ± 0.38 ^{G, H}	11.88 ± 0.75 ^{B, C}	82.63 ± 10.61 ^D	-
	95°C / 30 min	29.96 ± 0.824 ^B	37.77 ± 5.64 ^{E, F, G}	135.43 ± 11.28 ^B	12.42 ± 0.14 ^{B, C}	67.35 ± 5.09 ^{D, E}	-
8	Sin tratamiento térmico	6.23 ± 0.291 ^G	50.95 ± 3.41 ^{D, E, F, G}	28.65 ± 1.39 ^{E, F}	7.75 ± 0.28 ^{D, E, F}	80.68 ± 14.35 ^D	-
	64°C / 30 min	3.86 ± 0.109 ^G	50.34 ± 9.16 ^{D, E, F, G}	31.50 ± 1.99 ^E	5.44 ± 0.49 ^{F, G}	54.85 ± 5.43 ^{E, F}	-
	72°C / 15 s	6.24 ± 0.188 ^G	43.18 ± 2.76 ^{D, E, F, G}	6.50 ± 3.03 ^H	5.29 ± 0.96 ^{F, G}	22.35 ± 3.47 ^G	-
	95°C / 30 min	5.28 ± 0.369 ^G	58.92 ± 7.23 ^{D, E, F}	5.79 ± 0.47 ^H	4.63 ± 0.35 ^G	22.63 ± 3.54 ^G	-

¹mg equivalente de TROLOX/g de extracto ²mg de BSA/g de extracto ³mg de ácido gálico/g de extracto ⁴mg de rutina/g de extracto ⁵mg de ácido cafeico /g de extracto. Las letras como superíndice representan diferencia significativa entre los renglones de la misma columna (p<0.05)

7.5. Elaboración del producto cárnico incorporado con extracto

Al realizar el embutido cárnico no se utilizó ningún colorante, para que no hubiera variaciones en la tonalidad por la misma carne, esta se cortó en trozos pequeños y se homogeneizó para poder dividirla para la preparación de salchichas control, así como las que contendrían el extracto, preparándose todo el mismo día y se empaquetó en muestras de 100g a vacío y se refrigeraron a 4°C, donde se fue tomando muestras cada 7 días durante 35 días.



Figura 15. Salchichas elaboradas empaquetadas a vacío. (A) Muestra control-sin extracto (B) Muestra con extracto CG03.

7.5.1. Oxidación lipídica (TBARS)

Las salchichas fueron sometidas a la destilación con sulfamida 5% en ácido clorhídrico para llevar a cabo la reacción con los nitratos que se utilizan en la preparación de las salchichas y no interfiera en la medición

y como producto se tenga las sales de sulfamida y derivados de malondialdehído (MDA) (Fernández, *et al.* 1997).

Sin embargo, ambas muestras muestran una tendencia similar conforme al tiempo dando en el día 14 se encuentra el mayor punto como se muestra en la figura 16, teniendo un mayor contenido de malondialdehído, además de que otras sustancias pueden reaccionar como sacáridos y otros aldehídos los cuales pueden interferir con la reacción, así mismo que este pudiera reaccionar con las proteínas mostrando niveles menores a los que corresponden con la oxidación presente (Navarro *et al.*, 2004), esto podría explicar los valores altos de malondialdehído en la salchicha control en comparación con las muestras que contienen el extracto con actividad antioxidante.

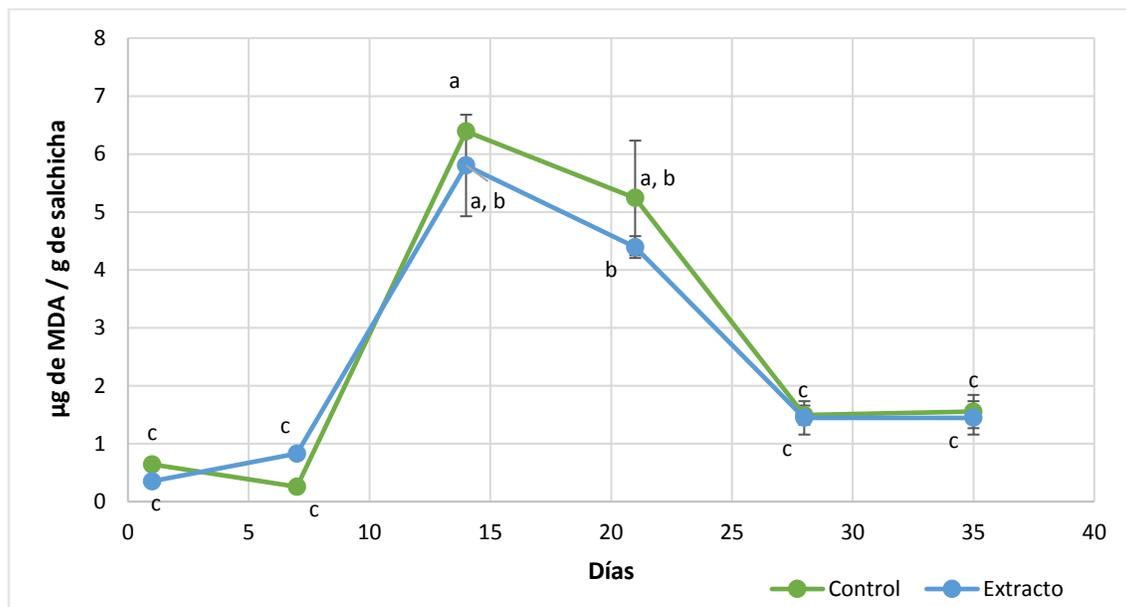


Figura 16. Contenido de malondialdehído en el transcurso de 35 días.
Las letras diferentes en los puntos representan una diferencia significativa entre las medias de las muestras ($p < 0.05$).

7.5.2. Actividad de agua (A_w).

Al hacer la medición de a_w , no tienen una diferencia significativa entre la salchicha control y con extracto, como se puede observar en la figura 17 tienen un mismo comportamiento.

Las salchichas son alimento perecedero, teniendo un rango de 0.93 – 0.99 de a_w lo que presupone una gran proliferación de bacterias (Quino *et al.* 2014). Donde se observa que las salchichas están dentro el límite.

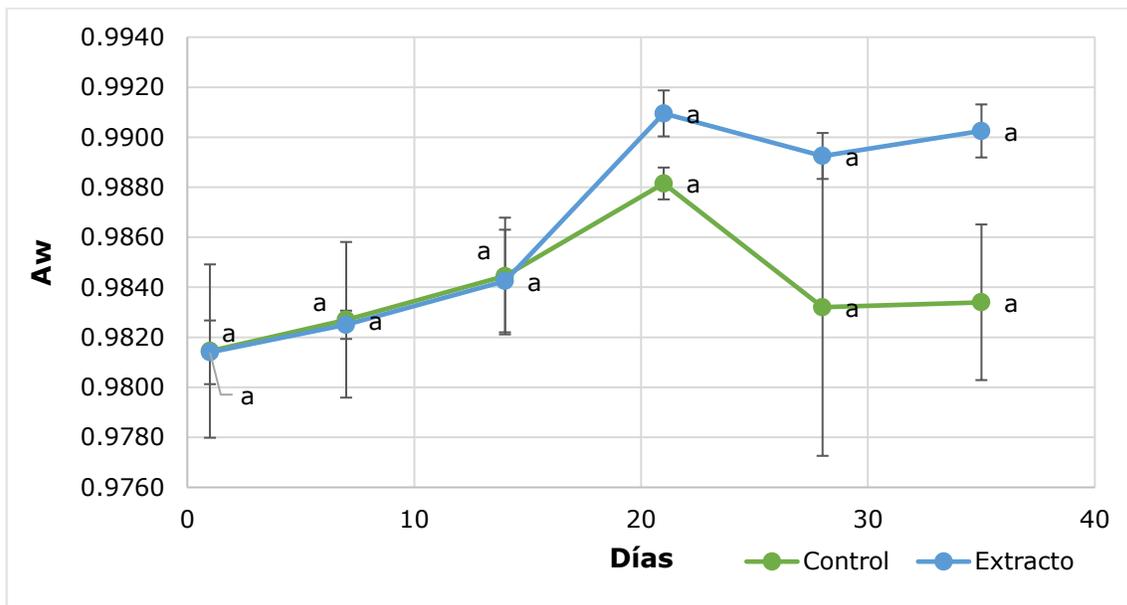


Figura 17. Actividad de agua en el transcurso de 35 días.

Las letras diferentes en los puntos representan una diferencia significativa entre las medias de las muestras ($p < 0.05$).

7.5.3. Análisis del perfil de textura (TPA).

Al realizar el análisis del perfil de textura se percató que la adición del extracto no dio afectación en la composición de la salchicha control, al imitar las condiciones del esfuerzo de la mandíbula al morder (Torres *et al.*, 2014), no mostraron diferencia significativa en dureza, cohesividad y

masticabilidad como se muestra en la tabla 12. Sin embargo, se observó una mayor elasticidad a partir del día 21 al 35.

7.5.4. Determinación de color.

Los datos obtenidos por el equipo Color LAB muestran una diferencia significativa en cuanto a la luminosidad que presenta la salchicha control en comparación con la salchicha con extracto, como se muestra en la tabla 13.

También se puede observar que las muestras tienden a las tonalidades rojizas, la salchicha con extracto a partir del día 14 tiene la mayor tonalidad rojiza interna manteniéndose sin variación, mientras que por el exterior disminuye esta tonalidad.

Por otro lado, las muestras tienen una tendencia hacia la tonalidad amarilla en el exterior de la salchicha con extracto se tiene la mayor tonalidad en comparación con el control, la adición del extracto podría estar propiciando un aumento de coloración.

Tabla 12. Parámetros de textura de salchichas incorporadas con y sin extracto etanólico de chapulín

Parámetro de textura	Tratamiento	Días de muestreo					
		1	7	14	21	28	35
Dureza* (kg m/ s ²)	Control	1.094 ± 0.002	1.423 ± 0.359	1.333 ± 0.141	1.733 ± 0.183	1.509 ± 0.188	1.557 ± 0.628
	Extracto	1.243 ± 0.057	1.127 ± 0.121	1.315 ± 0.778	1.318 ± 0.571	1.318 ± 0.571	1.257 ± 0.240
Cohesividad**	Control	0.935 ± 0.021	0.880 ± 0.057	0.890 ± 0.000	0.925 ± 0.007	0.935 ± 0.078	0.865 ± 0.035
	Extracto	0.935 ± 0.007	0.915 ± 0.049	0.925 ± 0.078	0.945 ± 0.007	0.935 ± 0.078	0.880 ± 0.028
Elasticidad (mm)***	Control	3.64 ± 0.071 ^b	3.71 ± 0.021 ^b	3.55 ± 0.276 ^b	4.75 ± 0.106 ^a	4.69 ± 0.092 ^a	4.58 ± 0.00 ^a
	Extracto	3.66 ± 0.035 ^b	3.66 ± 0.085 ^b	3.75 ± 0.057 ^b	4.62 ± 0.085 ^a	4.70 ± 0.071 ^a	4.71 ± 0.057 ^a
Masticabilidad (mJ)****	Control	41.49 ± 5.515	45.25 ± 8.952	41.20 ± 1.110	74.32 ± 8.895	64.57 ± 6.053	59.98 ± 2.090
	Extracto	41.44 ± 1.216	36.92 ± 1.089	43.45 ± 22.118	57.27 ± 13.492	55.63 ± 20.584	51.17 ± 10.508

*Máxima fuerza durante el 1^o ciclo de compresión. No se encontró diferencia significativa en las medias entre cada columna entre control-extracto, al igual en cada renglón entre el tiempo de estudio (p<0.05).

**Resistencia a una 2^o deformación con relación a su comportamiento en el 1^o ciclo. No se encontró diferencia significativa en las medias entre cada columna entre control-extracto, al igual en cada renglón entre el tiempo de estudio (p<0.05).

***Capacidad para recuperar su forma inicial después de la fuerza aplicada. En letras minúsculas se muestra la diferencia significativa en las medias en cada renglón durante el tiempo de estudio. No se encontró diferencia significativa en las medias entre cada columna entre control-extracto (p<0.05).

****Fuerza necesaria para masticar. No se encontró diferencia significativa en las medias entre cada columna entre control-extracto, al igual en cada renglón entre el tiempo de estudio (p<0.05). No se encontró diferencia significativa en las medias entre cada columna entre control-extracto, al igual en cada renglón entre el tiempo de estudio (p<0.05)

Tabla 13. Parámetros de color de la sección interna y externa de salchichas incorporadas con y sin extracto etanólico de chapulín.

Parámetro de color	Tratamiento	Sección	Días de muestreo					
			1	7	14	21	28	35
a*	Control	Interior	1.04 ± 0.03 ^{D; b}	2.82 ± 0.18 ^{C; a}	3.96 ± 0.01 ^{A; b}	3.36 ± 0.20 ^{B; b}	3.89 ± 0.13 ^{A; b}	4.22 ± 0.08 ^{A; b}
		Exterior	1.17 ± 0.20 ^{B; b}	1.88 ± 0.92 ^{B; a}	2.66 ± 0.07 ^{A, B; a}	2.97 ± 0.25 ^{A, B; a}	2.63 ± 0.38 ^{A, B; b}	3.83 ± 0.40 ^{A; a}
	Extracto	Interior	1.86 ± 0.13 ^{C; a}	2.99 ± 0.26 ^{B; a}	5.43 ± 0.15 ^{A; a}	5.09 ± 0.04 ^{A; a}	5.44 ± 0.08 ^{A; a}	5.26 ± 0.06 ^{A; a}
		Exterior	2.21 ± 0.04 ^{D; a}	2.58 ± 0.11 ^{C, D; a}	4.91 ± 0.86 ^{A; a}	3.79 ± 0.21 ^{A, B, C; a}	4.13 ± 0.15 ^{A, B; a}	3.02 ± 0.02 ^{B, C, D; a}
b*	Control	Interior	9.22 ± 0.03 ^{A; b}	6.78 ± 0.19 ^{B, C; b}	6.69 ± 0.06 ^{B, C; b}	7.29 ± 0.35 ^{B; a}	6.30 ± 0.08 ^{C; b}	6.39 ± 0.07 ^{C; b}
		Exterior	9.80 ± 0.57 ^{A; a}	8.80 ± 0.75 ^{A, B; a}	8.35 ± 0.50 ^{A, B; a}	7.58 ± 0.51 ^{B; b}	8.44 ± 0.04 ^{A, B; a}	7.78 ± 0.37 ^{B; a}
	Extracto	Interior	10.37 ± 0.13 ^{A; a}	9.27 ± 0.06 ^{B; a}	7.64 ± 0.04 ^{C, a}	7.83 ± 0.01 ^{C; a}	7.47 ± 0.13 ^{C; a}	7.48 ± 0.18 ^{C; a}
		Exterior	10.59 ± 0.25 ^{A; a}	10.63 ± 0.16 ^{A; a}	9.97 ± 0.23 ^{A, B; a}	9.84 ± 0.18 ^{A, B; a}	9.00 ± 0.38 ^{B; a}	9.07 ± 0.59 ^{B; a}
L*	Control	Interior	52.91 ± 0.25 ^{A; a}	53.90 ± 0.83 ^{A; a}	52.01 ± 0.18 ^{A; a}	51.96 ± 0.01 ^{A; a}	53.45 ± 0.50 ^{A; a}	52.29 ± 0.91 ^{A; a}
		Exterior	50.29 ± 0.00 ^{A; a}	51.63 ± 0.40 ^{A; a}	50.89 ± 0.64 ^{A; a}	49.51 ± 0.59 ^{A; a}	51.35 ± 0.78 ^{A; a}	50.45 ± 1.00 ^{A; a}
	Extracto	Interior	48.67 ± 0.71 ^{A, B; b}	49.57 ± 0.65 ^{A; b}	49.53 ± 0.09 ^{A; b}	48.89 ± 0.06 ^{A, B; b}	47.50 ± 0.47 ^{B; b}	48.75 ± 0.24 ^{A, B; b}
		Exterior	44.92 ± 0.13 ^{B, C; b}	47.11 ± 0.83 ^{A, B; b}	49.53 ± 0.09 ^{A; a}	47.41 ± 0.71 ^{A, B; a}	46.14 ± 0.22 ^{A, B; C; b}	43.94 ± 0.74 ^{C; b}

Coordenadas rojo-verde (a*); Coordenadas amarillo-azul (b*); Luminosidad (L*)

Las letras mayúsculas como subíndice representan una diferencia significativa entre las medias (p<0.05) correspondiente a cada grupo de interior y exterior, las letras minúsculas como subíndice representan una diferencia significativa entre las medias (p<0.05) correspondiente a cada grupo entre control y extracto.

7.5.5. Medición de pH.

El pH tuvo una diferencia mínima como se muestra en la figura 18, se observa una diferencia significativa entre las salchichas con extracto del día 1 al 21 donde se tiene el mayor pH, posteriormente los días 28 y 35 tienen un pH similar al de la salchicha control del día 1 al 21, para los últimos días se comienza acidificar la muestra control, esta reducción del pH podría ser debido a la acción de bacterias ácido lácticas. Al tener esta disminución junto la reducción de a_w son factores importantes en la conservación y seguridad del embutido (Gelabert *et al.*, 2003).

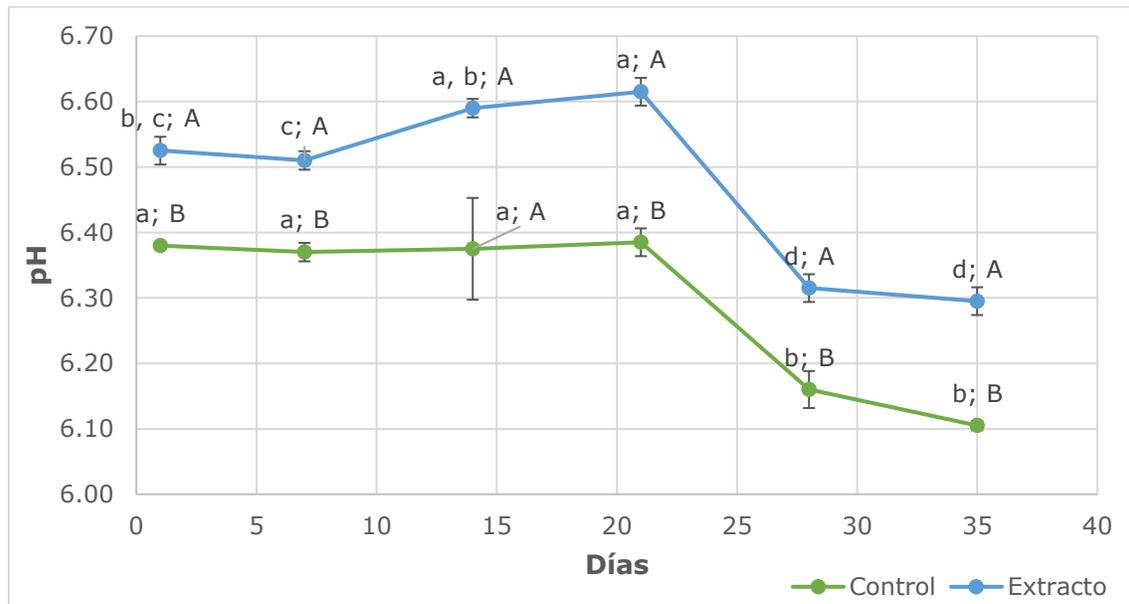


Figura 18. pH de la salchicha control y salchicha con extracto etanólico de chapulín en el transcurso de 35 días.

Las letras minúsculas representan una diferencia significativa entre las medias de las muestras, las letras mayúsculas representan una diferencia significativa entre el control y el extracto en ese día ($p < 0.05$).

7.5.6. Análisis microbiológico.

En base a la Norma NOM-213-SSA1- 2002, menciona que en punto de venta se debe de cumplir con un límite máximo 60,000 UFC/g de

salchicha, siendo así las salchichas cumple con esto hasta el día 7 con 60,000 UFC/g de salchicha control y 49,500 UFC/g de salchicha con extracto.

La adición del extracto marca una disminución de mesófilos aerobios a partir del día 14 teniendo una diferencia significativa ($p < 0.05$) y coliformes totales a partir del día 21, como se puede observar en la figura 19 y 20. En el caso de los coliformes totales en el control se observa cómo llega a su fase de muerte en para el día 35 mientras que la salchicha con extracto sigue su crecimiento, lo cual muestra como el extracto es capaz de retrasar el crecimiento microbiano.

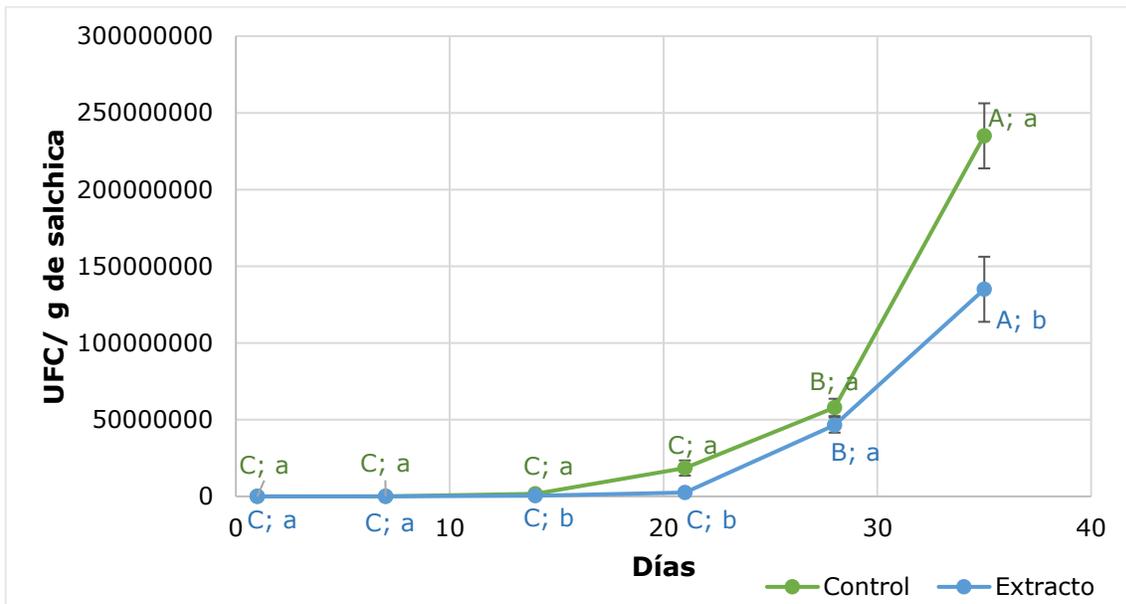


Figura 19. Cuenta total de mesófilos aerobios durante 35 días en salchicha control y salchicha con extracto.

Las letras mayúsculas representan una diferencia significativa dentro de cada muestra, las letras minúsculas representan una diferencia significativa entre cada día entre control y muestra ($p < 0.05$).

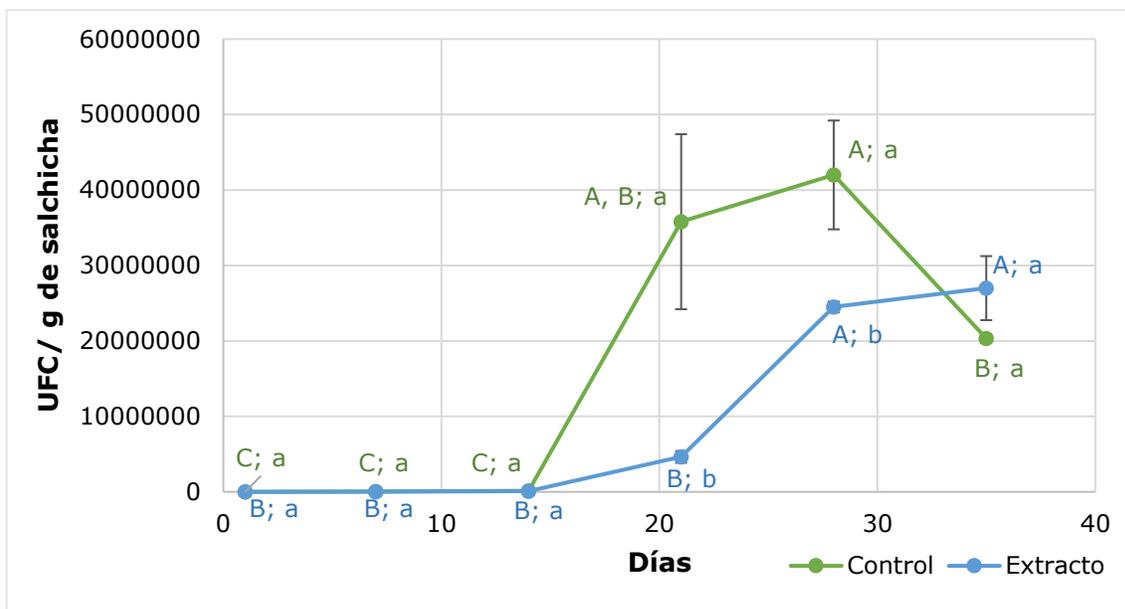


Figura 20. Cuenta de coliformes totales durante 35 días en salchicha control y salchicha con extracto.

Las letras mayúsculas representan una diferencia significativa dentro de cada muestra, las letras minúsculas representan una diferencia significativa entre cada día entre control y muestra ($p < 0.05$).

7.5.7. Evaluación sensorial.

En la evaluación participaron 95 personas entre 11 y 55 años de los cuales 61% corresponden a mujeres y el 39% a hombres. De las cuales, el 31% consumen salchichas de 2 a 3 veces por semana mientras que el 69% consumen una vez al mes salchichas. Primordialmente el 54% de los consumidores conocen salchichas de carne de pavo, el 37% de carne de cerdo y el 9% de carne de res.

Al realizar el análisis de componentes principales de la distribución de las muestras se encontró con el 60.82% de variación de los datos (figura 21), se observa la tendencia de los tiempos de vida de anaquel que se presentó por las salchichas frescas, luego por la del día 8 y al final por la del día 14, de igual modo se observa una mayor aceptación por las salchichas

frescas y las del día 8 (Figura 22), por lo cual a partir de esto solo se analizó los días 1 y 8.

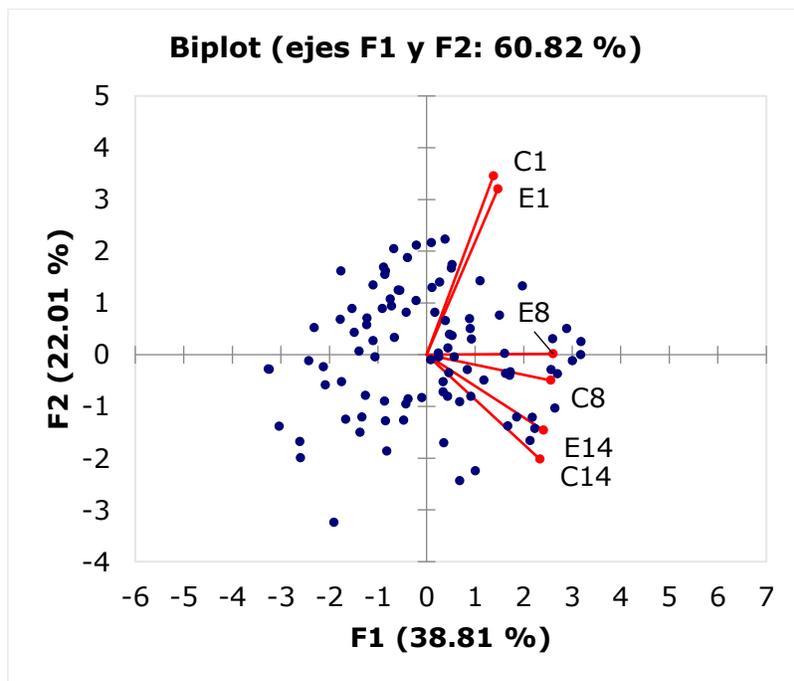


Figura 21. Análisis de componentes principales de los datos de nivel de agrado mostrando la distribución de las muestras y los consumidores. E1: salchicha fresca con extracto, E8: salchicha con extracto con 8 días de haber sido elaborada, E14: salchicha con extracto con 14 días de haber sido elaborada, C1: salchicha control fresca, C8: salchicha con 8 días de haber sido elaborada y C14: salchicha con 14 días de haber sido elaborada.

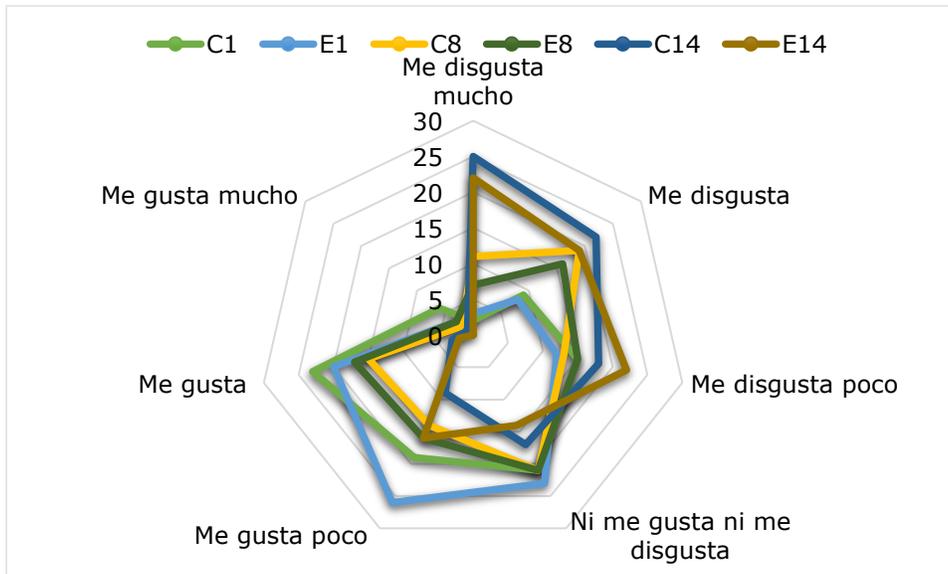


Figura 22. Gráfico radial con las frecuencias con nivel de agrado de las muestras.

E1: salchicha fresca con extracto, E8: salchicha con extracto con 8 días de haber sido elaborada, E14: salchicha con extracto con 14 días de haber sido elaborada, C1: salchicha control fresca, C8: salchicha con 8 días de haber sido elaborada y C14: salchicha con 14 días de haber sido elaborada.

Considerando ahora las figuras 23 y 24 se observa el Análisis Factorial de Correspondencia (AFC) para los atributos de olor-textura y sabor-apariencia con un 84.08% y 88.66%, respectivamente de la variación total de datos. Para la salchicha control fresca (C1) se asocia al olor a carne de cerdo, que en el contrario con la salchicha con extracto fresca (E1) se identifican los olores a especias y herbal, cabe destacar que en la formulación no se utilizó alguna especia, por lo tanto, estos olores se pueden atribuir a la adición del extracto. Siendo esa la única diferencia, puesto que para los 8 días de haber sido preparada sin extracto (C8) y con extracto (E8) se asociaron los olores de butírico, rancio, agrio y azufrado. En textura, las muestras frescas presentan una textura suave, sin embargo, transcurrido un lapso de ocho días las muestras tienen una textura gomosa, las observaciones de las muestras presentan una relación con los resultados observados en el análisis de perfil de textura (dureza y masticabilidad), donde va aumentando la fuerza que se aplica

a las muestras, donde muestra el esfuerzo de la primera mordida en ambas pruebas.

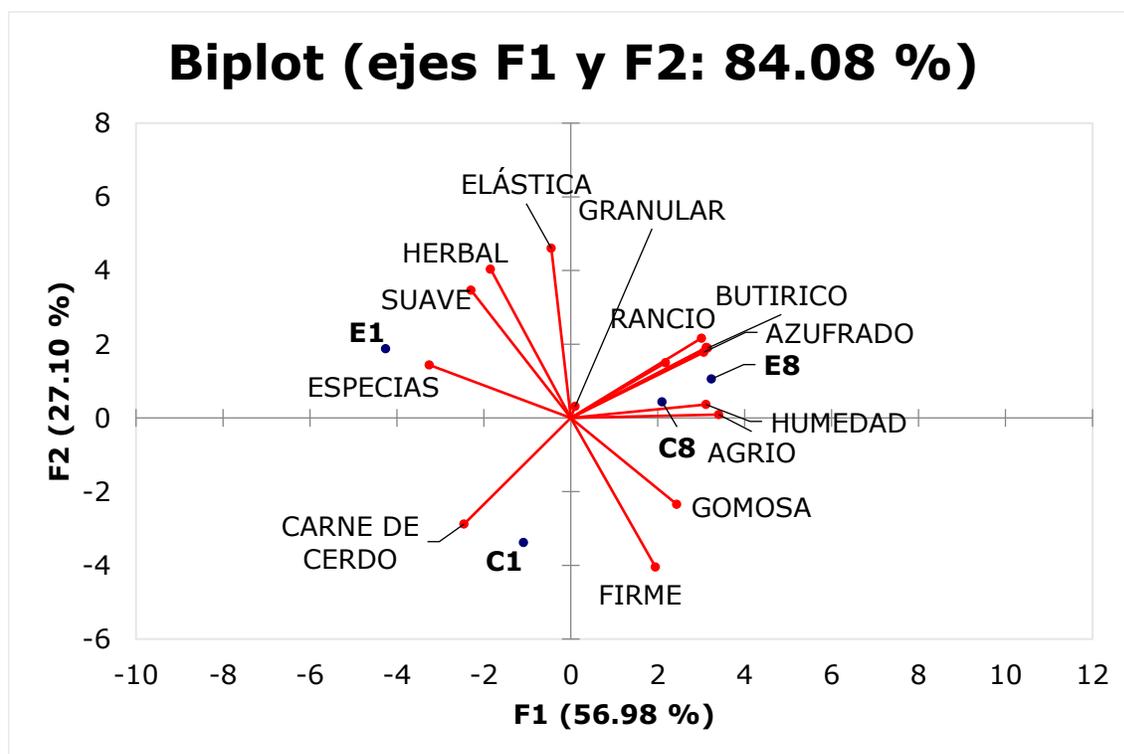


Figura 23. Análisis Factorial de Correspondencia de las salchichas con las variables de los atributos de olor y textura.

E1: salchicha fresca con extracto, E8: salchicha con extracto con 8 días de haber sido elaborada, C1: salchicha control fresca y C8: salchicha con 8 días de haber sido elaborada.

En el AFC de los atributos de sabor y apariencia se observa que las salchichas con extracto están asociadas a la tonalidad opaca, verdosa y café en comparación con las salchichas control (lisa, clara y rosada). El sabor asociado para las salchichas frescas es a carne de cerdo esta principalmente en el control, mientras que para las salchichas con extracto nuevamente se vuelve a asociar el sabor herbal al igual que con el olor, también cabe destacar que se identificó un sabor dulce. Para las muestras de los 8 días se identificaron los sabores a amargo, rancio y ácido.

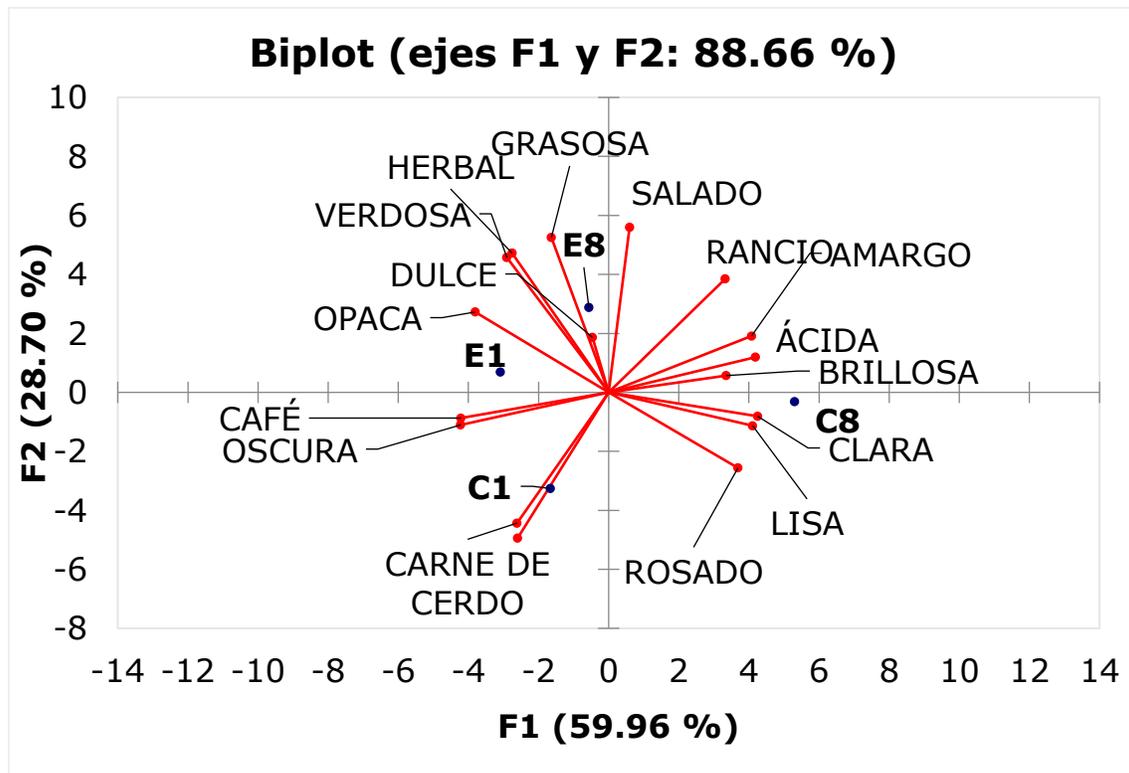


Figura 24. Análisis Factorial de Correspondencia de las salchichas con las variables de los atributos de sabor y apariencia.

E1: salchicha fresca con extracto, E8: salchicha con extracto con 8 días de haber sido elaborada, C1: salchicha control fresca y C8: salchicha con 8 días de haber sido elaborada.

Mientras tanto en la figura 25 se observan las frecuencias de agrado de los diferentes tratamientos, donde las salchichas E1 y C1 no muestran diferencia significativa, pero si hay una diferencia significativa con C8, mientras que E8 no muestra significativa con las demás muestras de acuerdo al test Friedman (ver anexo). De igual manera se aprecia que la salchicha fresca con extracto y la salchicha fresca control (C1) tienen una misma aceptabilidad de "me gusta poco", con una media de agrado de 4.46 y 4.40, respectivamente, en el caso de las salchichas con 8 días de haber sido preparadas se alcanzó una media de agrado de 3.64 para la salchicha C8 y para la salchicha E8 3.91 que representan a un "ni me gusta ni me disgusta". Asimismo, se tiene un 51.58% de aceptación por

E1, 50.53% de aceptación por C1, 37.89% de aceptación por E8 y 32.63% de los jueces acepto C8.

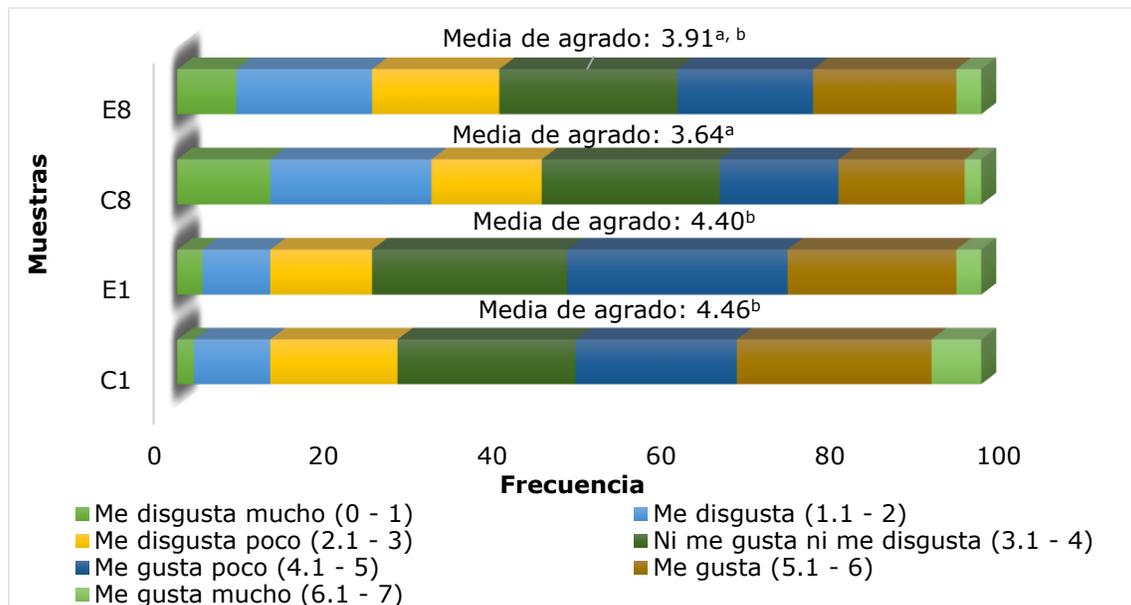


Figura 25. Distribución de frecuencias de la escala hedónica en las salchichas evaluadas.

E1: salchicha fresca con extracto, E8: salchicha con extracto con 8 días de haber sido elaborada, C1: salchicha control fresca y C8: salchicha con 8 días de haber sido elaborada. Los números entre paréntesis son los rangos de cada agrado. Las letras como superíndice representan la diferencia significativa mediante el análisis de Friedman con comparaciones múltiples por pares mediante el procedimiento de Nemenyi/Prueba bilateral ($p < 0.05$)

Se identificaron 4 grupos de consumidores (ver anexo) mediante la aplicación de la Clasificación Ascendente Jerárquica para los datos de aceptación general. El primer grupo se conformó con 24 consumidores, el segundo con 20, el tercero con 29 y por último el cuarto con 22.

En el mapa de preferencia (ver anexo) se puede observar como el grupo 2 y 3 prefieren la salchicha fresca con extracto, y el grupo 4 la salchicha sin extracto, mientras que el grupo 1 prefiere más la salchicha control con 8 días de preparación.

Para finalizar se analizó la preferencia de la salchicha fresca con extracto por el grupo 2 y 3 se encontró que dentro de su dieta incluyen el consumo de insectos (ver anexo), de los cuales consumen más chapulines y gusanos de maguey (ver anexo), donde se tiene un 61.05% que si consumirían la salchicha con extracto.

8. Conclusiones

El mayor rendimiento se obtuvo con NaCl 0.6 M, y el menor rendimiento se tuvo con agua destilada. Con respecto a los solventes orgánicos, los mejores rendimientos son: en ácido acético 30 %, gusanos de maguey de la piña (11.13 %), chapulines chicos (25.6 %) y chicatanas (18.17 %); en metanol al 50%, gusanos de maguey de la penca (10.6 %) y chapulines grandes (13.49 %); y jumiles en etanol al 50% (24.4%).

De los tratamientos analizados, se concluye que el extracto CG03 presenta moléculas estables al calor y pH, ya que no se perdió la actividad antioxidante en ninguno de los tratamientos; además tiene la mayor concentración de flavonoides, y valores intermedios en proteína, taninos y fenoles totales.

Al adicionar el extracto CG03 a las salchichas y realizar la evaluación sensorial tiene una misma tendencia de agrado que la salchicha control con respecto al transcurso del tiempo, en lo que se observa beneficiado el uso del extracto al no ser rechazado, aunque se detectó que las salchichas con extracto tienen sabor y olor característico herbal. Junto con el análisis de perfil de textura por medio del texturómetro se nota como pasa de una textura suave a gomosa, en tanto el color el extracto le da una tonalidad ligeramente opaca analizado por el Color LAB.

Para poder obtener una mejor aceptabilidad se podría mejorar la formulación con algunos condimentos como ajo y cebolla o agregar el sabor humo para poder igualar el sabor a algunas salchichas comerciales. Sin embargo, el objetivo de este análisis sensorial es ver que no sea detectado el sabor del chapulín para que no tenga ninguna variación respecto al sabor.

De la parte fisicoquímica, se pudo observar cómo disminuía el contenido de microorganismos con respecto al control, en TBARS retrasa la oxidación a partir del día 21.

9. Referencias

Ambrosio, G., Nieto, C., Aguilar, S. y Espinoza A. (2010). Los insectos comestibles: un recurso para el desarrollo local en el centro de México. 116Th Seminar, October 27-30, Parma, Italy.

Aro, J. M., Gallegos, E., Calsin, M., Shiche, R. B., Saravia, C., Escobar, C. U. (2015). Evaluación de la eficiencia de extractos antioxidantes de maíz morado (*Zea mays L.*) en la inhibición de salchichas. Revista de Investigaciones Altoandinas, 17, 17-22.

Baek, M., Kim, M., Kwon, Y., Hwang, J., Goo, T., Jun, M., Yun, E. (2019). Effects of processing methods on nutritional composition and antioxidant activity of mealworm (*Tenebrio molitor*) larvae. Entomological Research, 49, 285-294.

Badui, S. (2006). Química de los alimentos. Cuarta edición, PEARSON EDUCACIÓN, México.

Barrón, R. M., García, M. R., Soto, M. R., Colinas, T., Kite, G. (2011). Flavonoids and antioxidant activity of *Calia secundilfora* (Ort.) Yakovlev. Revista Fitotecnia Mexicana, 34 (3), 151-157.

Belitz, H.-D., Grosch, W., Schieberle, P. (2009) Food Chemistry 4th Edition, Springer, Germany.

Benzie, I. F. F. y Strain, J. J. (1996). The Ferric Reducing Ability of Plasma (FRAP) as a Measure of "Antioxidant Power": The FRAP Assay, Analytical biochemistry, 239, 70-76.

Calderón, M. (2016). Efectos de la mezcla de bacteriocina y extracto acuoso de semilla y cáscara de aguacate (*Persea americana*) en la estabilidad oxidante y microbiana en un sistema modelo de carne (tesis de doctorado). Universidad Autónoma Metropolitana, Ciudad de México, México.

Calderón, M., Escalona, H., Medina, O., Pedraza, J., Pedroza, R., Ponce, E. (2016). Optimization of the antioxidant and antimicrobial response of the combined effect of nisin and avocado by products. *LWT - Food Science and Technology*, 65, 46-52.

COFEPRIS. (2012). Acuerdo por el que se determinan los aditivos y coadyuvantes en alimentos, bebidas y suplementos alimenticios, su uso y disposiciones sanitarias. Ciudad de México: Diario Oficial de la Federación. [En línea] Disponible en: https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5259470&fecha=16/07/2012 [Último acceso el 20 de marzo de 2020]

Consejo Mexicano de la Carne, 2019. Compendio estadístico 2019. [En línea] Disponible en: <https://comecarne.org/estadisticas/> [Último acceso el 10 de marzo de 2021]

Dueñas, J.C., (2009). Extracción y caracterización de principios activos de estructura fenólica con propiedades antioxidantes y antibacterianas, a partir de residuos del procesamiento de alcachofas. Facultad de Ingeniería en Biotecnología. ESPE. Sede Sangolquí.

FAO (2018). Insects for food and feed. [En línea] (actualizado al 18 de julio de 2017)

Disponible en: <http://www.fao.org/edible-insects/en/> [Último acceso el 27 de mayo de 2018].

FAO/IAEA working document. IAEA (2000). Quantification of tannins in tree foliage-a laboratory manual. Vienna, 3-4.

Figueroa, F. (2012). Composición fenólica, lipídica, actividad antioxidante y biodisponibilidad *in vitro* de 10 genotipos de nueces cultivados en la Región de Murcia. (tesis de licenciatura). Universidad Católica San Antonio, Murcia, España.

Gallegos, S., Chel, L., Corzo, L., Martínez, A. (2013). Péptidos con actividad antioxidante de proteínas vegetales. En M. Segura Campos, L. Chel Guerrero & D. Betancur Ancona (Eds.), Bioactividad de péptido derivados de proteínas alimentarias (pp. 111- 122). Barcelona: OmniaScience.

Gelabert, J., Gou, L., Guerrero, L., Arnau, J. (2003). Effect of sodium chloride replacement on some characteristics of fermented sausages. *Meat Science*, 65, 833-839.

Gutiérrez, D. M., Ortega, C. A., Mendoza, A. (2008). Medición de fenoles y actividad antioxidante en malezas usadas para alimentación animal. Simposio de metrología 2008, Santiago de Querétaro, México.

Hayes, J. E., Stepanyan, V., Allen, P., O'Grady, M. N. y Kerry, J. P. (2010). Evaluation of the effects of selected plant-derived nutraceuticals on the quality and shelf-life stability of raw and cooked pork sausages. *LWT-Food science and technology*, 44, 164-172.

Herrera, C. H., Bolaños, N. y Lutz, G. (2003). Química de alimentos: manual de laboratorio, Editorial de la Universidad de Costa Rica.

Horton R., Moran L. A., Scrimgeour K. G., Perry M. D. y Rawn J. D. (2008). Bioquímica. 4a ed. Pearson Educación. México.

Jongberg, S., Torngren, M. A., Gunvig, A., Skinbsted, L. H. y Lund, M. N. (2013). Effect of green tea or rosemary extract on protein oxidation in Bologna type sausages prepared from oxidatively stressed pork, *Meat Science*, 93, 538-546.

Konigsberg M. (2008). Radicales libres y estrés oxidativo: aplicaciones médicas, Editorial El Manual Moderno, México.

Lillo, A., Carvajal-Caiconte, F., Nuñez, D., Balboa, N. y Alvear Zamora, M. (2016). Cuantificación espectrofotométrica de compuestos fenólicos y actividad antioxidante en distintos berries nativos del Cono Sur de América. *Revista de Investigaciones Agropecuarias*, 42, 168-174.

Limón, D., Diaz, A., Mendieta, L., Luna, F., Zenteno, E. y Guevara, J. (2010). Los flavonoides: Mecanismo de acción, neuroprotección y efectos farmacológicos. *Mensaje Bioquímico*, XXXIV, 143-154.

Lin, J. y Tang, C. (2007). Determination of total phenolic and flavonoid contents in selected fruits and vegetables, as well as their stimulatory effects on mouse splenocyte proliferation. *Food Chemistry*, 101, 140-147.

López, L. (2010). Efecto de la incorporación de extracto de tamarindo (*Tamarindus indica*) con actividad antioxidante en la elaboración y

funcionalidad de películas biodegradables proteína-almidón (tesis de maestría). Universidad Autónoma Metropolitana, D.F., México.

López, L. H., Calderón, M., Soriano, J., Severiano, P., Escalona, H. B. y Ponce, E. (2018). Desarrollo y estabilidad antioxidante de películas comestibles agregadas con un extracto de semillas de tamarindo. *Revista Mexicana de Ingeniería Química*, 17 (3), 957-987.

Martínez, I., Periago, M. J. y Ros, G. (2000). Significado nutricional de los compuestos fenólicos de la dieta, *Archivos latinoamericanos de nutrición*, 50, 5-18.

Mendoza, D., Salgado, M. y Durant, L. (2013). Capacidad antioxidante de extractos metanólicos de cuerpo entero del escarabajo *Ulomoides dermestoides* (Chevrolat, 1893). *Revista Cubana de Investigaciones Biomédicas*, 32(4), 402-410.

Navarro, G., Bringas, L. y Pacheco, R. (2004). Nueva herramienta para el estudio de la oxidación de los ácidos grasos, una de las causas fundamentales de la pérdida de calidad de los alimentos para la acuicultura. *Avance en Nutrición Acuícola VII. Memorias del VII Simposium Internacional de Nutrición Acuícola*. Hermosillo, Sonora México.

NORMA Oficial Mexicana NOM-092-SSA1-1994, Bienes y servicios. Método para la cuenta de bacterias aerobias en placa. [En línea] Disponible en:

http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=4886029&fecha=12/12/1995 [Último acceso el 04 de enero de 2021]

NORMA Oficial Mexicana NOM-113-SSA1-1994, Bienes y servicios. Método para la cuenta de microorganismos coliformes totales en placa. [En línea] Disponible en:

http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=4880115&fecha=25/08/1995 [Último acceso el 04 de enero de 2021]

NORMA Oficial Mexicana NOM-122-SSA1-1994, Bienes y servicios. Productos de la carne. Productos cárnicos curados y cocidos, y curados emulsionados y cocidos. Especificaciones sanitarias. [En línea]

Disponible en:

<http://www.salud.gob.mx/unidades/cdi/nom/122ssa14.html> [Último acceso el 04 de enero de 2021]

NORMA Oficial Mexicana NOM-213-SSA1-2018, Productos y servicios. Productos cárnicos procesados y los establecimientos dedicados a su proceso. Disposiciones y especificaciones sanitarias. Métodos de prueba. [En línea] Disponible en:

[En línea] Disponible en:

https://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5556645&fecha=03/04/2019 [Último acceso el 04 de enero de 2021]

Parra, I., Lopes., J. J., Silva, T., Felipe, D., Rogério, L., Lima, J., Augusti, A., Peijnenburg, A., Castelar, I., Urano, A. F. (2016). Polyphenol composition, antioxidant activity and cytotoxicity of seeds from two underexploited wild Licania Species: *L. rigida* and *L. tomentosa*. *Molecules*, 21(12), 1755.

Pokorny, J., Yanishlieva, N. y Gordon, M. (2001). Antioxidants in food. Practical applications, Woodhead Publishing Limited, England.

Piojoan, M. (2001). El consumo de insectos, entre la necesidad y el placer gastronómico. *OFFARM*, 20(9), 150-161.

Qader, S., Abdulla, M., Chua, L., Najim, N., Mat Zain, M. y Hamdan, S. (2011). Antioxidant, total phenolic content and cytotoxicity evaluation of selected Malaysian plants. *Molecules*, 16, 3433-3443.

Quino, Marco L., & Alvarado, Juan A. (2014). Efectos fisicoquímicos y sensoriales del uso de fibra dietaría en salchichas tipo Viena reducida en grasas. *Revista Boliviana de Química*, 31(2), 110-115.

Rosales, M. y González, R. (2003). Comparación del contenido de compuestos fenólicos en la corteza de ocho especies de pino. *Madera y Bosques*, 9(2), 41-49.

SIGMA- ALDRICH (2018). Product Information Bradford Reagent. [En línea]

Disponible en:

<https://www.sigmaaldrich.com/content/dam/sigma-aldrich/docs/Sigma/Bulletin/b6916bul.pdf> [Último acceso el 24 de mayo de 2018].

Santos, A. S. de O., Freire, F., Tinoco, W., Vasconcelos, M., Moreira, M., y Fonseca, M. (2014). Linearization of the Bradford protein assay to application in cow milk proteins quantification by UV-Vis spectrophotometry method. *Rev. Inst. Laticínios Cândido Tostes, Juiz de Fora*, 69(6), 415-423.

Sotelo, I., Casas, N., Camelo, G. (2010). BOROJÓ (*Borojoa patinoi*): fuente de polifenoles con actividad antimicrobiana. *Vitae*, 17(3), 329-336.

Torres, J. D., González, K. J., Acevedo, D. (2014). Análisis del perfil de textura en frutas, productos cárnicos y quesos. *Revista ReCiTeIA*, 64-72.

Urías, V., Heredia, J. B., Muy-Rangel, D. y Niño, G. (2016). Ácidos fenólicos con actividad antioxidantes en salvado de maíz y salvado de trigo. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*, 3 (7), 43-50.

Valenzuela, C. y Pérez, P. (2016). Natural antioxidants obtained from fruit and vegetables and their effect over the shelf life of meat and meat products: an update. *Revista Chilena de Nutrición*, 43 (2), 188-195.

Van Huis, A., Itterbeeck, J., Klunder, H., Mertens, E., Halloran, A., Munir, G. y Vantomme P. (2013). *Edible insects: future prospects for food and feed security*. FAO. Roma.

Venegas, E. A. (2012). Quantification of total flavonoids and tannins present in the aqueous extract of leaves of *Thea sinensis L.* and its antioxidant capacity. *Scientia*, 4(2), 161-174.

Viesca, F. C. y Romero A. T. (2009). La entomofagia en México. Algunos aspectos culturales. *El Periplo Sustentable*, 16, 57 – 83.

Zhao, Y., Du, S., Wang, H. y Cai, M. (2014). In vitro antioxidant activity of extracts from common legumes. *Food Chemistry*, 152, 462-466.

10. Anexos

10.1. Cuantificación de moléculas antioxidantes

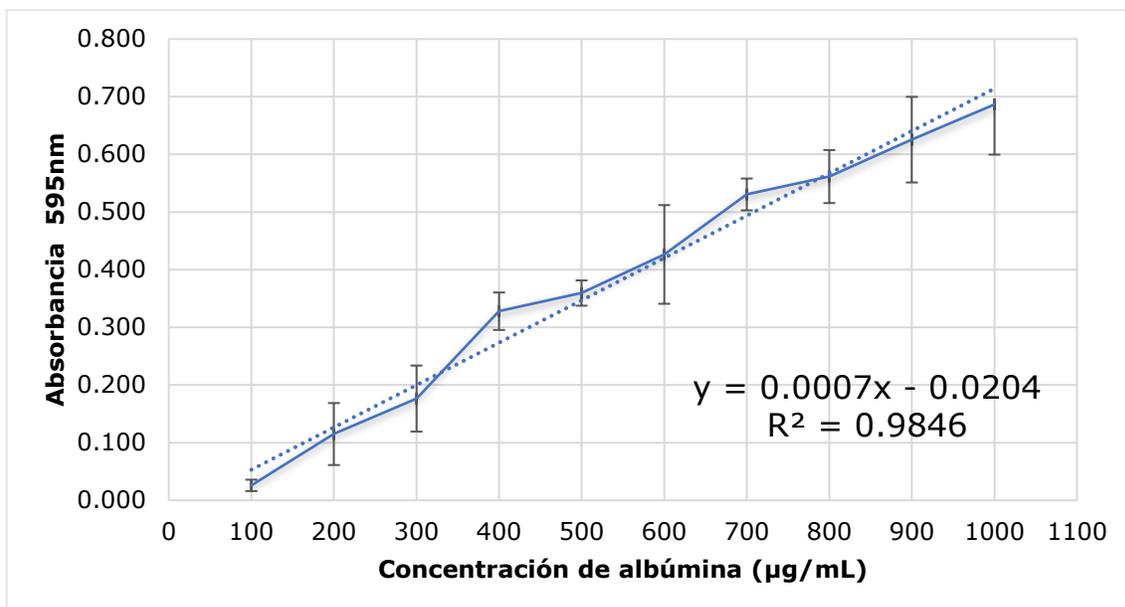


Figura 26. Curva patrón para la cuantificación de proteína.

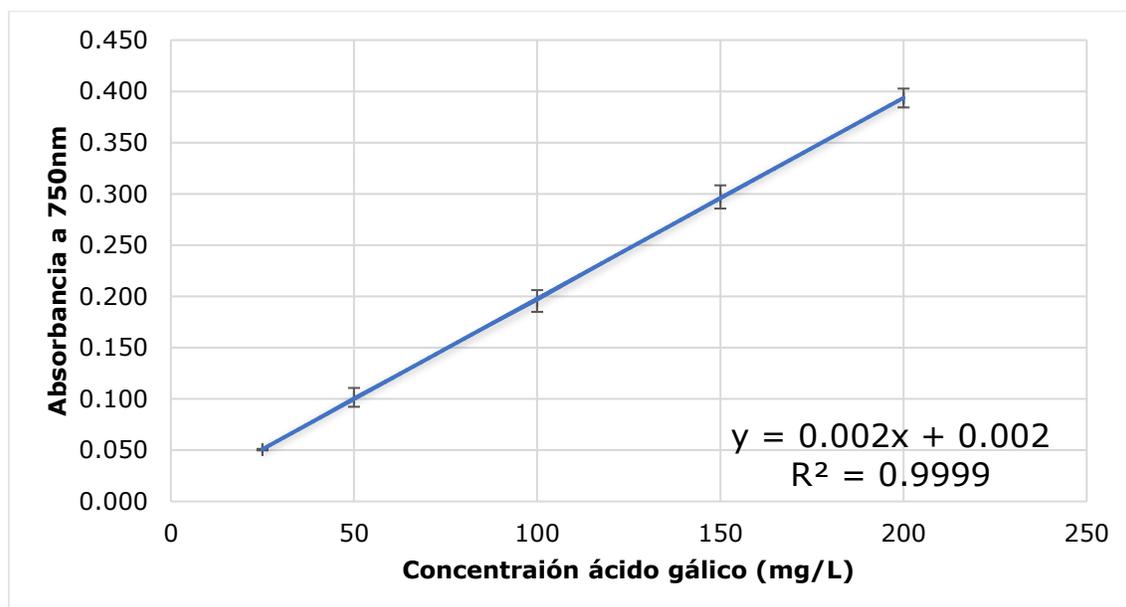


Figura 27. Curva patrón para la cuantificación de fenoles totales.

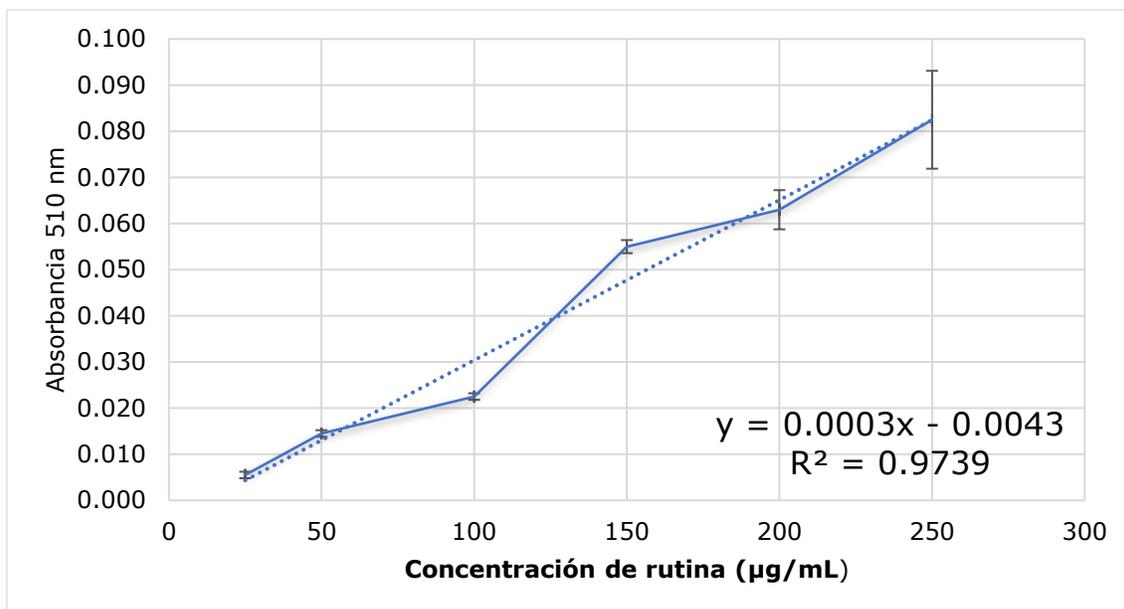


Figura 28. Curva patrón para la cuantificación de flavonoides.

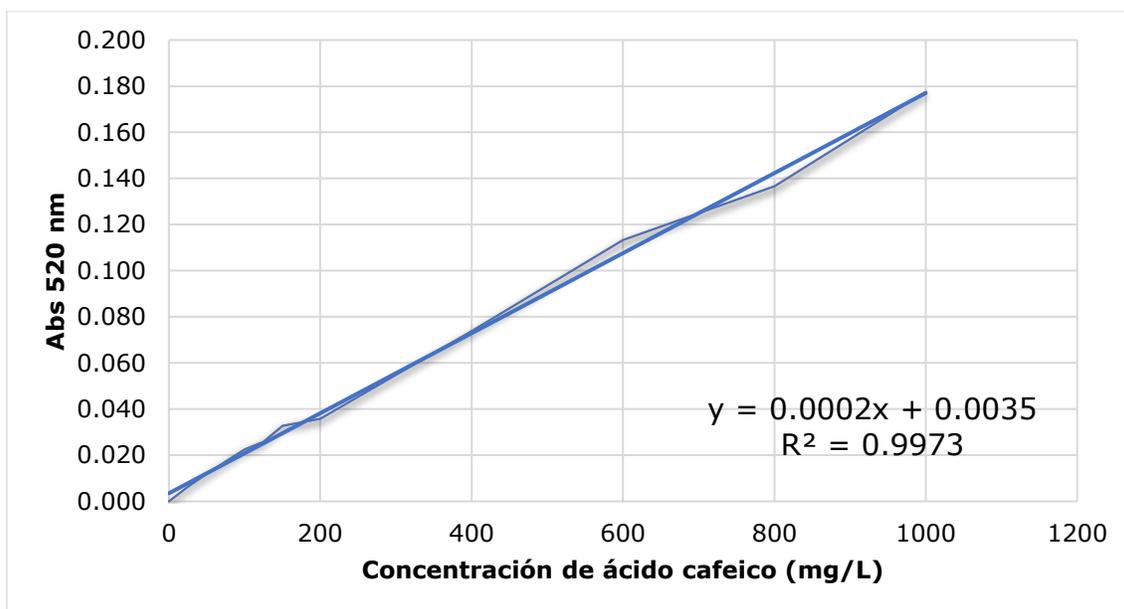


Figura 29. Curva patrón para la cuantificación de ácidos hidroxicinámicos.

10.2. Evaluación de la actividad antioxidante

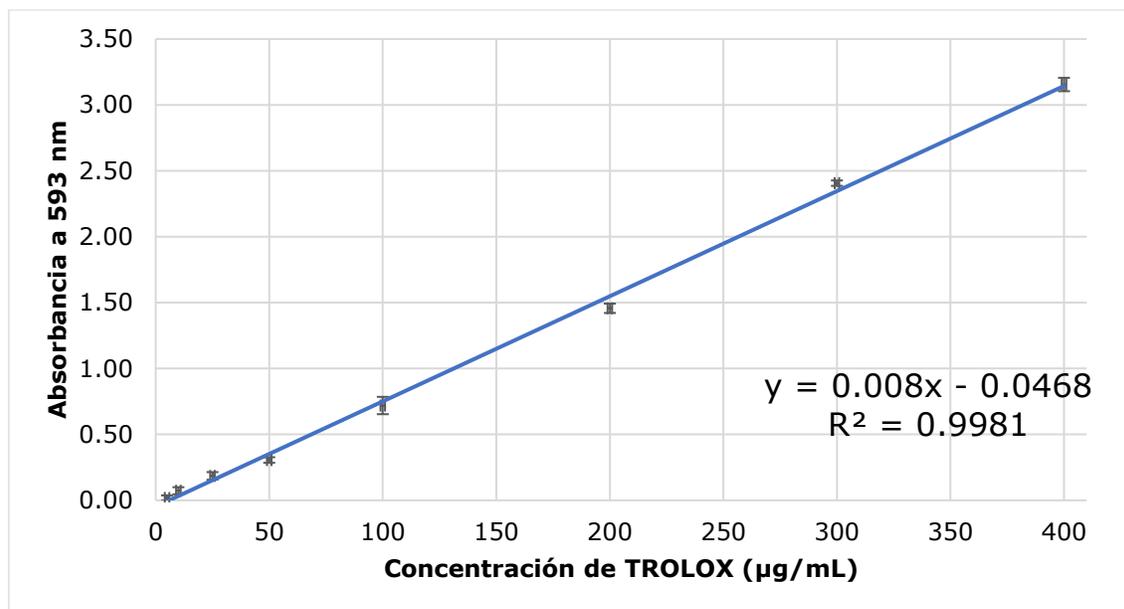


Figura 30. Curva patrón para FRAP.

10.3. Efecto del tratamiento térmico y pH.

10.3.1. Poder antioxidante de la reducción férrica (FRAP)

Tabla 14. Concentración de TROLOX (mg de TROLOX/g extracto) de los extractos seleccionados con diferentes tratamientos térmicos.

	Sin tratamiento	64°C/30 min	75°C/15 s	94°C/30 min
PE01	56.81 ± 0.267 ^a	18.78 ± 0.286 ^e	27.9 ± 1.629 ^b	62.99 ± 1.751 ^a
CG01	15.50 ± 0.660 ^e	15.28 ± 0.496 ^f	16.16 ± 0.496 ^c	19.32 ± 0.717 ^d
CG03	50.79 ± 0.982 ^b	51.19 ± 1.101 ^a	45.52 ± 0.659 ^a	49.63 ± 1.206 ^b
CH03	13.22 ± 0.345 ^f	13.77 ± 0.337 ^f	14.74 ± 0.009 ^c	14.80 ± 0.520 ^e
CC05	33.12 ± 0.946 ^c	27.71 ± 0.904 ^d	27.36 ± 1.853 ^b	30.42 ± 1.742 ^c
JU05	18.29 ± 0.503 ^d	42.57 ± 0.73 ^b	32.93 ± 3.648 ^b	28.42 ± 2.804 ^c
PE05	15.04 ± 0.420 ^e	36.11 ± 1.991 ^c	32.15 ± 2.767 ^b	30.28 ± 1.125 ^c

Las letras como superíndices representan una diferencia significativa entre las medias ($p < 0.05$) en cada uno de los tratamientos.

Tabla 15. Concentración de TROLOX (mg de TROLOX/g extracto) de los extractos seleccionados a diferentes pH.

	Sin tratamiento	pH 4	pH 6	pH 8
PE01	56.81 ± 0.267 ^a	15.95 ± 0.090 ^d	12.63 ± 0.346 ^c	8.78 ± 0.549 ^{d, e}
CG01	15.50 ± 0.660 ^e	13.36 ± 0.402 ^e	15.79 ± 0.255 ^b	15.51 ± 0.433 ^b
CG03	50.79 ± 0.982 ^b	41.02 ± 0.344 ^a	39.52 ± 1.178 ^a	38.72 ± 2.326 ^a
CH03	13.22 ± 0.345 ^f	13.51 ± 0.215 ^e	14.93 ± 0.422 ^{b, c}	11.14 ± 0.337 ^{c, d}
CC05	33.12 ± 0.946 ^c	22.23 ± 0.537 ^c	15.48 ± 0.229 ^b	11.89 ± 0.845 ^c
JU05	18.29 ± 0.503 ^d	12.32 ± 1.056 ^e	5.85 ± 0.487 ^d	7.17 ± 1.104 ^e
PE05	15.04 ± 0.420 ^e	24.60 ± 1.037 ^b	13.55 ± 1.851 ^{b, c}	6.23 ± 0.291 ^e

Las letras como superíndices representan una diferencia significativa entre las medias ($p < 0.05$) en cada uno de los tratamientos.

Tabla 16. Concentración de TROLOX (mg de TROLOX/g extracto) de los extractos seleccionados a pH 4 con diferentes tratamientos térmicos.

pH/°C	Sin tratamiento	4 / 64	4 / 72	4 / 94
PE01	56.81 ± 0.267^a	17.21 ± 0.244 ^{d, e}	59.25 ± 1.572^a	61.34 ± 1.976^a
CG01	15.50 ± 0.660 ^e	23.24 ± 1.050 ^c	18.66 ± 0.538 ^d	19.11 ± 0.580 ^d
CG03	50.79 ± 0.982^b	46.33 ± 0.458^a	40.55 ± 0.516^b	36.03 ± 0.793^b
CH03	13.22 ± 0.345 ^f	15.37 ± 0.024 ^e	11.37 ± 1.843 ^e	12.64 ± 0.134 ^e
CC05	33.12 ± 0.946 ^c	25.81 ± 0.750^b	23.41 ± 0.989 ^c	25.17 ± 0.931 ^c
JU05	18.29 ± 0.503 ^d	12.67 ± 0.659 ^f	11.10 ± 0.585 ^e	5.90 ± 1.054 ^f
PE05	15.04 ± 0.420 ^e	17.97 ± 0.902 ^d	15.81 ± 0.54 ^d	20.91 ± 1.708 ^d

Las letras como superíndices representan una diferencia significativa entre las medias ($p < 0.05$) en cada uno de los tratamientos.

Tabla 17. Concentración de TROLOX (mg de TROLOX/g extracto) de los extractos seleccionados a pH 6 con diferentes tratamientos térmicos.

pH/°C	Sin tratamiento	6 / 64	6 / 75	6 / 95
PE01	56.81 ± 0.267 ^a	17.64 ± 0.532 ^b	40.20 ± 1.412 ^b	33.80 ± 0.724 ^b
CG01	15.50 ± 0.660 ^e	15.46 ± 0.317 ^{b, c}	16.04 ± 0.797 ^c	17.38 ± 1.244 ^c
CG03	50.79 ± 0.982 ^b	37.16 ± 1.279 ^a	44.75 ± 1.076 ^a	43.15 ± 5.682 ^a
CH03	13.22 ± 0.345 ^f	13.11 ± 1.044 ^{c, d}	13.74 ± 0.751 ^{c, d}	13.83 ± 1.651 ^c
CC05	33.12 ± 0.946 ^c	11.89 ± 0.465 ^d	10.10 ± 0.394 ^e	13.86 ± 0.169 ^c
JU05	18.29 ± 0.503 ^d	12.28 ± 0.516 ^d	13.24 ± 0.768 ^d	12.89 ± 0.423 ^c
PE05	15.04 ± 0.420 ^e	13.67 ± 1.732 ^{c, d}	13.02 ± 1.045 ^d	29.96 ± 0.824 ^b

Las letras como superíndices representan una diferencia significativa entre las medias ($p < 0.05$) en cada uno de los tratamientos.

Tabla 18. Concentración de TROLOX (mg de TROLOX/g extracto) de los extractos seleccionados a pH 8 con diferentes tratamientos térmicos.

pH/°C	Sin tratamiento	8 / 64	8 / 75	8 / 94
PE01	56.81 ± 0.267^a	9.65 ± 0.213 ^{b, c}	29.71 ± 2.095^b	176.43 ± 2.082^a
CG01	15.50 ± 0.660 ^e	11.22 ± 0.616 ^{b, c}	13.33 ± 1.281 ^c	6.85 ± 0.840 ^{c, d}
CG03	50.79 ± 0.982^b	46.87 ± 2.709^a	34.08 ± 0.198^a	20.63 ± 0.498^b
CH03	13.22 ± 0.345 ^f	12.42 ± 0.431 ^b	9.81 ± 0.236 ^d	8.80 ± 0.527 ^c
CC05	33.12 ± 0.946^c	9.00 ± 1.885 ^{b, c}	12.78 ± 0.121 ^c	8.49 ± 0.383 ^c
JU05	18.29 ± 0.503 ^d	7.71 ± 0.496 ^c	10.79 ± 0.418 ^{c, d}	5.42 ± 0.113 ^d
PE05	15.04 ± 0.420 ^e	3.86 ± 0.109 ^d	6.24 ± 0.188 ^e	5.28 ± 0.369 ^d

Las letras como superíndices representan una diferencia significativa entre las medias ($p < 0.05$) en cada uno de los tratamientos.

10.3.2. Actividad reductora de radicales 1,1-difenil-2-picrilhidracil DPPH.

Tabla 19. Porcentaje de reducción de DPPH de los extractos seleccionados con diferentes tratamientos térmicos.

	Sin tratamiento	64°C / 30 min	75°C / 15 s	94°C / 30 min
PE01	58.15 ± 3.72 ^c	28.55 ± 0.98 ^d	52.43 ± 7.21 ^c	108.37 ± 2.19^a
CG01	47.7 ± 1.35 ^c	24.20 ± 3.10 ^d	17.16 ± 7.13 ^d	28.07 ± 1.35 ^c
CG03	118.37 ± 1.98^a	101.91 ± 4.67^{a, b}	101.29 ± 5.39^{a, b}	102.12 ± 1.07^a
CH03	59.33 ± 9.13 ^c	62.62 ± 2.38 ^c	54.67 ± 7.08 ^c	59.85 ± 2.56 ^b
CC05	95.87 ± 6.11^b	116.15 ± 0.94^a	115.48 ± 11.29^a	111.05 ± 2.14^a
JU05	52.87 ± 1.68 ^c	98.79 ± 5.76 ^b	95.83 ± 2.64 ^{a, b}	101.33 ± 6.17^a
PE05	119.01 ± 7.23^a	99.18 ± 8.85 ^b	89.17 ± 3.99 ^b	103.88 ± 6.73^a

Las letras como superíndices representan una diferencia significativa entre las medias ($p < 0.05$) en cada uno de los tratamientos.

Tabla 20. Porcentaje de reducción de DPPH de los extractos seleccionados con modificación de pH.

	Sin tratamiento	pH 4	pH 6	pH 8
PE01	58.15 ± 3.72 ^c	37.36 ± 4.92 ^c	51.35 ± 7.36 ^c	43.47 ± 0.97 ^{b, c}
CG01	47.7 ± 1.35 ^c	54.75 ± 6.34 ^{b, c}	20.16 ± 5.21 ^d	30.39 ± 3.54 ^c
CG03	118.37 ± 1.98^a	112.20 ± 9.26^a	117.85 ± 1.31^a	78.25 ± 6.83^a
CH03	59.33 ± 9.13 ^c	70.91 ± 3.91 ^b	56.91 ± 8.72 ^c	46.89 ± 3.93 ^b
CC05	95.87 ± 6.11^b	96.20 ± 7.04^a	85.89 ± 1.41^b	52.75 ± 2.14 ^b
JU05	52.87 ± 1.68 ^c	60.70 ± 4.68 ^b	63.45 ± 8.45 ^{b, c}	54.78 ± 7.95 ^b
PE05	119.01 ± 7.23^a	60.55 ± 9.04 ^b	50.95 ± 9.07 ^c	50.95 ± 3.41 ^b

Las letras como superíndices representan una diferencia significativa entre las medias ($p < 0.05$) en cada uno de los tratamientos.

Tabla 21. Porcentaje de reducción de DPPH de los extractos seleccionados con pH 4 con diferentes tratamientos térmicos.

pH/°C	Sin tratamiento	4 / 64	4 / 72	4 / 94
PE01	58.15 ± 3.72 ^c	35.97 ± 2.95 ^{c, d}	58.92 ± 9.18 ^b	108.06 ± 2.12^a
CG01	47.7 ± 1.35 ^c	20.57 ± 3.09 ^d	20.30 ± 0.77 ^c	27.84 ± 3.04 ^c
CG03	118.37 ± 1.98^a	105.20 ± 8.55^a	101.70 ± 10.15^a	107.05 ± 7.58^a
CH03	59.33 ± 9.13 ^c	61.84 ± 6.23 ^{b, c}	69.53 ± 6.44 ^b	71.78 ± 1.67 ^b
CC05	95.87 ± 6.11^b	98.42 ± 9.34^a	111.27 ± 10.31^a	94.43 ± 9.17^a
JU05	52.87 ± 1.68 ^c	85.46 ± 4.93 ^{a, b}	63.53 ± 5.47 ^b	68.53 ± 5.47 ^b
PE05	119.01 ± 7.23 ^a	35.62 ± 9.54 ^d	59.53 ± 4.34 ^b	67.50 ± 8.67 ^b

Las letras como superíndices representan una diferencia significativa entre las medias ($p < 0.05$) en cada uno de los tratamientos.

Tabla 22. Porcentaje de reducción de DPPH de los extractos seleccionados con pH 6 con diferentes tratamientos térmicos.

pH/°C	Sin tratamiento	6 / 64	6 / 75	6 / 94
PE01	58.15 ± 3.72 ^c	34.97 ± 3.94 ^d	47.48 ± 3.48 ^{c, d}	96.00 ± 4.59^a
CG01	47.7 ± 1.35 ^c	12.93 ± 1.93 ^e	18.39 ± 4.63 ^e	24.52 ± 3.28 ^d
CG03	118.37 ± 1.98^a	97.80 ± 0.62^a	100.06 ± 2.49^a	108.60 ± 5.67^a
CH03	59.33 ± 9.13 ^c	54.67 ± 4.32 ^c	53.80 ± 9.89 ^{b, c}	52.51 ± 2.57 ^{b, c}
CC05	95.87 ± 6.11^b	72.93 ± 11.36^b	76.25 ± 2.82^b	67.38 ± 12.34 ^b
JU05	52.87 ± 1.68 ^c	60.07 ± 3.50 ^{b, c}	59.85 ± 9.35 ^{b, c}	69.38 ± 3.30 ^b
PE05	119.01 ± 7.23^a	66.58 ± 4.77 ^{b, c}	30.10 ± 9.54 ^{d, e}	37.77 ± 5.64 ^{c, d}

Las letras como superíndices representan una diferencia significativa entre las medias ($p < 0.05$) en cada uno de los tratamientos.

Tabla 23. Porcentaje de reducción de DPPH de los extractos seleccionados con un pH 8 con diferentes tratamientos térmicos.

pH/°C	Sin tratamiento	8 / 64	8 / 75	8 / 94
PE01	58.15 ± 3.72 ^c	43.39 ± 0.33 ^{b, c}	49.18 ± 2.45 ^b	49.65 ± 5.35 ^b
CG01	47.7 ± 1.35 ^c	32.29 ± 3.09 ^c	40.34 ± 13.30 ^b	19.07 ± 6.36 ^c
CG03	118.37 ± 1.98^a	82.16 ± 3.72^a	79.69 ± 5.25^a	95.02 ± 13.53^a
CH03	59.33 ± 9.13 ^c	50.35 ± 8.64 ^{b, c}	57.26 ± 6.77 ^b	57.69 ± 11.37 ^b
CC05	95.87 ± 6.11^b	47.66 ± 1.76 ^{b, c}	47.88 ± 8.26 ^b	33.69 ± 3.76 ^{b, c}
JU05	52.87 ± 1.68 ^c	50.76 ± 4.13 ^b	49.49 ± 4.03 ^b	44.41 ± 11.40 ^{b, c}
PE05	119.01 ± 7.23^a	50.34 ± 9.16 ^{b, c}	43.18 ± 2.76 ^b	58.92 ± 7.23 ^b

Las letras como superíndices representan una diferencia significativa entre las medias ($p < 0.05$) en cada uno de los tratamientos.

10.3.3. Contenido de proteína

Tabla 24. Contenido de proteína (mg de BSA/g extracto) con diferentes tratamientos térmicos.

	Sin tratamiento	64°C / 30 min	75°C / 15 s	94°C / 30 min
PE01	31.21 ± 1.79 ^d	23.47 ± 2.15 ^d	53.36 ± 4.06 ^c	27.65 ± 3.03 ^e
CG01	40.26 ± 4.66 ^{c, d}	41.93 ± 4.33 ^c	52.41 ± 2.18 ^c	37.82 ± 1.26 ^d
CG03	52.29 ± 2.02 ^{b, c}	32.53 ± 4.14 ^{c, d}	31.93 ± 0.36 ^d	28.12 ± 1.49 ^e
CH03	6.20 ± 0.37 ^e	4.63 ± 0.63 ^e	4.45 ± 0.37 ^e	4.99 ± 0.88 ^f
CC05	65.07 ± 2.23^b	69.60 ± 8.35^b	63.46 ± 2.11^b	61.20 ± 2.08 ^c
JU05	104.48 ± 8.85^a	148.28 ± 1.81^a	58.05 ± 3.83 ^{b, c}	78.29 ± 1.42^b
PE05	51.86 ± 3.27 ^c	141.56 ± 2.50^a	88.17 ± 3.72^a	184.78 ± 1.99^a

Las letras como superíndices representan una diferencia significativa entre las medias ($p < 0.05$) en cada uno de los tratamientos.

Tabla 25. Contenido de proteína (mg de BSA/g extracto) con modificación de pH.

	Sin tratamiento	pH 4	pH 6	pH 8
PE01	31.21 ± 1.79 ^d	15.50 ± 1.00 ^{c, d}	30.98 ± 2.73 ^a	27.29 ± 4.04 ^b
CG01	40.26 ± 4.66 ^{c, d}	25.50 ± 4.04 ^{b, c}	34.55 ± 4.93^a	30.14 ± 3.54 ^b
CG03	52.29 ± 2.02 ^{b, c}	40.98 ± 4.26^a	24.07 ± 3.54 ^{a, b}	21.69 ± 3.67 ^b
CH03	6.20 ± 0.37 ^e	10.07 ± 1.35 ^d	-	-
CC05	65.07 ± 2.23^b	35.07 ± 6.00 ^{a, b}	19.90 ± 2.78 ^b	41.44 ± 0.63^a
JU05	104.48 ± 8.85^a	-	5.61 ± 0.76 ^c	22.31 ± 2.14 ^b
PE05	51.86 ± 3.27 ^c	-	12.93 ± 0.51 ^{b, c}	28.65 ± 1.39 ^b

Las letras como superíndices representan una diferencia significativa entre las medias ($p < 0.05$) en cada uno de los tratamientos.

Tabla 26. Contenido de proteína (mg de BSA/g extracto) a pH 4 con diferentes tratamientos térmicos.

pH / °C	Sin tratamiento	4 / 64	4 / 75	4 / 94
PE01	31.21 ± 1.79 ^d	10.33 ± 0.76 ^b	38.12 ± 4.66^{a, b}	17.46 ± 1.77 ^c
CG01	40.26 ± 4.66 ^{c, d}	41.22 ± 6.46^a	41.33 ± 5.18^a	47.88 ± 6.40^a
CG03	52.29 ± 2.02 ^{b, c}	43.00 ± 6.90^a	31.21 ± 2.50 ^{b, c}	29.07 ± 1.99 ^b
CH03	6.20 ± 0.37 ^e	9.63 ± 0.63 ^b	4.45 ± 0.37 ^d	5.79 ± 0.50 ^d
CC05	65.07 ± 2.23^b	46.02 ± 1.15^a	36.50 ± 0.93^{a, b}	33.23 ± 1.09 ^b
JU05	104.48 ± 8.85^a	17.04 ± 1.27 ^b	-	-
PE05	51.86 ± 3.27 ^c	16.50 ± 1.00 ^b	14.98 ± 0.38 ^c	13.02 ± 0.38 ^{c, d}

Las letras como superíndices representan una diferencia significativa entre las medias ($p < 0.05$) en cada uno de los tratamientos.

Tabla 27. Contenido de proteína (mg de BSA/g extracto) a pH 6 con diferentes tratamientos térmicos.

pH / °C	Sin tratamiento	6 / 64	6 / 75	6 / 94
PE01	31.21 ± 1.79 ^d	19.78 ± 1.56 ^b	49.90 ± 4.93 ^{a, b}	39.19 ± 3.22 ^b
CG01	40.26 ± 4.66 ^{c, d}	29.55 ± 1.76^a	53.36 ± 4.35^a	46.81 ± 2.63 ^b
CG03	52.29 ± 2.02 ^{b, c}	23.36 ± 2.02 ^{a, b}	26.57 ± 5.26 ^c	22.76 ± 3.47 ^c
CH03	6.20 ± 0.37 ^e	-	4.18 ± 0.00 ^d	5.13 ± 0.91 ^d
CC05	65.07 ± 2.23^b	-	41.20 ± 1.34 ^b	34.83 ± 5.18 ^{b, c}
JU05	104.48 ± 8.85^a	27.31 ± 4.93 ^{a, b}	8.76 ± 1.05 ^d	6.15 ± 0.50 ^d
PE05	51.86 ± 3.27 ^c	24.77 ± 2.31 ^{a, b}	14.98 ± 0.38 ^d	135.43 ± 11.28^a

Las letras como superíndices representan una diferencia significativa entre las medias ($p < 0.05$) en cada uno de los tratamientos.

Tabla 28. Contenido de proteína (mg de BSA/g extracto) a pH 8 con diferentes tratamientos térmicos.

pH / °C	Sin tratamiento	8 / 64	8 / 75	8 / 94
PE01	31.21 ± 1.79 ^d	27.05 ± 1.09 ^{b, c}	54.31 ± 5.13^a	49.79 ± 5.29^a
CG01	40.26 ± 4.66 ^{c, d}	24.25 ± 1.77 ^{b, c}	53.71 ± 2.15^a	47.76 ± 1.25^a
CG03	52.29 ± 2.02 ^{b, c}	20.15 ± 1.99 ^c	21.10 ± 0.41 ^c	-
CH03	6.20 ± 0.37 ^e	4.36 ± 0.00 ^d	-	3.82 ± 0.00 ^c
CC05	65.07 ± 2.23^b	41.92 ± 6.59^a	40.96 ± 2.63 ^b	18.74 ± 1.14 ^b
JU05	104.48 ± 8.85^a	27.45 ± 3.83 ^{b, c}	9.12 ± 0.54 ^d	6.23 ± 2.15 ^c
PE05	51.86 ± 3.27 ^c	31.50 ± 1.99 ^b	6.50 ± 3.03 ^d	5.79 ± 0.47 ^c

Las letras como superíndices representan una diferencia significativa entre las medias ($p < 0.05$) en cada uno de los tratamientos.

10.3.4. Cuantificación de fenoles totales

Tabla 29. Contenido de fenoles totales (mg de AG/g de extracto) a diferentes temperaturas.

	Sin tratamiento	64°C / 30 min	75°C / 15 s	94°C / 30 min
PE01	13.46 ± 0.62^a	24.75 ± 1.32^a	20.92 ± 0.80^a	27.17 ± 0.52^a
CG01	7.46 ± 0.14 ^{e, f}	7.50 ± 0.87 ^d	6.83 ± 0.38 ^d	8.92 ± 0.38 ^d
CG03	10.67 ± 0.75^{b, c}	10.59 ± 0.51^{b, c}	22.92 ± 1.89^a	22.75 ± 1.25^b
CH03	9.13 ± 0.19 ^{c, d}	9.50 ± 0.41 ^{c, d}	22.59 ± 0.85^a	21.54 ± 2.09^b
CC05	8.88 ± 0.82 ^{d, e}	8.31 ± 0.22 ^{c, d}	13.08 ± 0.29 ^{b, c}	12.17 ± 0.44 ^c
JU05	10.90 ± 0.48^b	12.40 ± 0.66^b	11.50 ± 0.22 ^c	11.92 ± 0.31 ^c
PE05	7.12 ± 0.66 ^f	8.69 ± 1.27 ^{c, d}	15.09 ± 1.71 ^b	11.88 ± 0.35 ^c

Las letras como superíndices representan una diferencia significativa entre las medias ($p < 0.05$) en cada uno de los tratamientos.

Tabla 30. Contenido de fenoles totales (mg de AG/g de extracto) con modificación de pH.

	Sin tratamiento	pH 4	pH 6	pH 8
PE01	13.46 ± 0.62^a	13.71 ± 0.44^a	12.71 ± 0.61^a	13.75 ± 0.55^a
CG01	7.46 ± 0.14 ^{e, f}	7.42 ± 0.56 ^{d, e}	5.29 ± 1.58 ^c	7.50 ± 0.69 ^c
CG03	10.67 ± 0.75^{b, c}	11.25 ± 0.82^b	10.09 ± 0.44 ^{a, b}	8.08 ± 0.14^{b, c}
CH03	9.13 ± 0.19 ^{c, d}	9.23 ± 0.20 ^{c, d}	10.17 ± 0.62 ^{a, b}	7.25 ± 0.44 ^c
CC05	8.88 ± 0.82 ^{d, e}	10.13 ± 0.74^{b, c}	11.63 ± 0.07^a	8.88 ± 0.33^b
JU05	10.90 ± 0.48^b	6.87 ± 0.64 ^e	12.80 ± 2.40^a	7.77 ± 0.58 ^{b, c}
PE05	7.12 ± 0.66 ^f	6.75 ± 1.03 ^e	7.50 ± 1.06 ^{b, c}	7.75 ± 0.28 ^{b, c}

Las letras como superíndices representan una diferencia significativa entre las medias ($p < 0.05$) en cada uno de los tratamientos.

Tabla 31. Contenido de fenoles totales (mg de AG/g de extracto) a pH 4 con diferentes tratamientos térmicos.

pH / °C	Sin tratamiento	4 / 64	4 / 72	4 / 94
PE01	13.46 ± 0.62^a	26.25 ± 0.66^a	20.92 ± 0.80^a	26.75 ± 1.56^a
CG01	7.46 ± 0.14 ^{e, f}	7.44 ± 0.44 ^d	6.00 ± 0.43 ^c	13.08 ± 1.18 ^c
CG03	10.67 ± 0.75^{b, c}	11.92 ± 0.69^b	23.50 ± 0.43^a	23.50 ± 2.38^{a, b}
CH03	9.13 ± 0.19 ^{c, d}	9.50 ± 0.44 ^c	21.25 ± 1.47^a	21.88 ± 2.05^b
CC05	8.88 ± 0.82 ^{d, e}	9.54 ± 0.16 ^c	9.54 ± 0.16 ^b	14.94 ± 1.50 ^c
JU05	10.90 ± 0.48^b	7.23 ± 0.22 ^d	5.50 ± 0.25 ^c	6.17 ± 0.19 ^d
PE05	7.12 ± 0.66 ^f	6.82 ± 0.41 ^d	13.71 ± 1.42 ^b	13.63 ± 0.22 ^c

Las letras como superíndices representan una diferencia significativa entre las medias ($p < 0.05$) en cada uno de los tratamientos.

Tabla 32. Contenido de fenoles totales (mg de AG/g de extracto) a pH 6 con diferentes tratamientos térmicos.

pH / °C	Sin tratamiento	6 / 64	6 / 75	6 / 94
PE01	13.46 ± 0.62^a	27.17 ± 1.61^a	17.42 ± 2.04^b	24.92 ± 0.88^a
CG01	7.46 ± 0.14 ^{e, f}	6.00 ± 0.45 ^c	8.08 ± 1.38 ^{c, d}	11.42 ± 0.80 ^b
CG03	10.67 ± 0.75^{b, c}	10.96 ± 1.09 ^b	22.17 ± 1.53^a	20.58 ± 3.45^a
CH03	9.13 ± 0.19 ^{c, d}	10.71 ± 0.53 ^b	22.42 ± 1.58^a	22.79 ± 2.19^a
CC05	8.88 ± 0.82 ^{d, e}	11.19 ± 0.41 ^b	11.63 ± 1.07 ^c	10.17 ± 1.28 ^{b, c}
JU05	10.90 ± 0.48^b	8.94 ± 0.10 ^b	7.34 ± 0.26 ^d	6.42 ± 0.63 ^c
PE05	7.12 ± 0.66 ^f	10.25 ± 0.55 ^b	11.88 ± 0.75 ^c	12.42 ± 0.14 ^b

Las letras como superíndices representan una diferencia significativa entre las medias ($p < 0.05$) en cada uno de los tratamientos.

Tabla 33. Contenido de fenoles totales (mg de AG/ g de extracto) a pH 8 con diferentes tratamientos térmicos.

pH / °C	Sin tratamiento	8 / 64	8 / 75	8 / 94
PE01	13.46 ± 0.62^a	27.17 ± 1.61^a	14.92 ± 0.63^a	22.58 ± 0.38^b
CG01	7.46 ± 0.14 ^{e, f}	5.75 ± 0.78 ^{c, d}	8.42 ± 1.63 ^b	10.08 ± 1.01 ^d
CG03	10.67 ± 0.75^{b, c}	8.21 ± 0.14^b	16.83 ± 1.61^a	28.17 ± 2.02^a
CH03	9.13 ± 0.19 ^{c, d}	6.92 ± 0.50 ^{b, c, d}	15.00 ± 0.69^a	15.05 ± 0.80^c
CC05	8.88 ± 0.82 ^{d, e}	8.08 ± 0.79^b	9.29 ± 0.57 ^b	7.54 ± 0.51 ^{d, e}
JU05	10.90 ± 0.48^b	7.24 ± 0.22 ^{b, c}	7.17 ± 0.88 ^{b, c}	5.46 ± 0.14 ^e
PE05	7.12 ± 0.66 ^f	5.44 ± 0.49 ^d	5.29 ± 0.96 ^c	4.63 ± 0.35 ^e

Las letras como superíndices representan una diferencia significativa entre las medias ($p < 0.05$) en cada uno de los tratamientos.

10.3.5. Cuantificación de flavonoides

Tabla 34. Contenido de flavonoides (mg de rutina/g de extracto) con diferentes tratamientos térmicos.

	Sin tratamiento	64°C / 30 min	75°C / 15 s	94°C / 30 min
PE01	41.92 ± 5.20 ^e	35.25 ± 9.43 ^d	26.95 ± 4.74 ^c	53.58 ± 14.14 ^e
CG01	63.31 ± 9.66 ^d	80.53 ± 8.67 ^c	30.25 ± 4.71 ^c	91.92 ± 2.35^c
CG03	224.14 ± 5.09^b	97.75 ± 1.17^{b, c}	103.59 ± 4.72^b	88.59 ± 2.35 ^{c, d}
CH03	113.46 ± 8.24^c	44.57 ± 4.74 ^d	46.79 ± 8.66 ^c	54.30 ± 5.89 ^{d, e}
CC05	38.58 ± 0.00 ^e	50.96 ± 8.24 ^d	55.96 ± 10.61 ^c	63.46 ± 4.71 ^{c, d, e}
JU05	270.96 ± 10.61^a	361.79 ± 15.61^a	192.35 ± 21.23^a	250.13 ± 24.21^a
PE05	36.08 ± 1.18 ^e	111.24 ± 4.11^b	122.21 ± 8.84^b	200.96 ± 9.17^b

Las letras como superíndices representan una diferencia significativa entre las medias ($p < 0.05$) en cada uno de los tratamientos.

Tabla 35. Contenido de flavonoides (mg de rutina/g de extracto) con modificación de pH.

	Sin tratamiento	pH 4	pH 6	pH 8
PE01	41.92 ± 5.20 ^e	34.83 ± 1.77 ^c	40.67 ± 4.12	46.64 ± 8.09 ^{d, e}
CG01	63.31 ± 9.66 ^d	65.25 ± 4.41^b	58.59 ± 1.18 ^c	66.92 ± 5.89 ^{b, c, d}
CG03	224.14 ± 5.09^b	132.75 ± 10.61^a	131.91 ± 5.77^a	76.09 ± 5.89^{b, c}
CH03	113.46 ± 8.24^c	34.02 ± 5.55 ^c	54.29 ± 6.51 ^c	26.24 ± 4.59 ^e
CC05	38.58 ± 0.00 ^e	35.96 ± 3.54 ^c	130.96 ± 8.24^a	54.30 ± 1.18 ^{c, d}
JU05	270.96 ± 10.61^a	60.13 ± 2.35 ^b	147.35 ± 9.87^a	102.35 ± 5.55^a
PE05	36.08 ± 1.18 ^e	24.46 ± 0.00 ^c	87.90 ± 8.09 ^b	80.68 ± 14.35^{a, b}

Las letras como superíndices representan una diferencia significativa entre las medias ($p < 0.05$) en cada uno de los tratamientos.

Tabla 36. Contenido de flavonoides (mg de rutina/g de extracto) a pH 4 con diferentes tratamientos térmicos.

pH / °C	Sin tratamiento	4 / 64	4 / 72	4 / 94
PE01	41.92 ± 5.20 ^e	59.14 ± 11.09 ^b	20.25 ± 4.74 ^c	25.25 ± 7.07 ^d
CG01	63.31 ± 9.66 ^d	51.08 ± 3.54 ^{b, c}	71.77 ± 7.28 ^b	63.59 ± 4.72 ^{b, c}
CG03	224.14 ± 5.09^b	123.59 ± 2.35^a	113.59 ± 4.72^a	88.58 ± 7.07 ^b
CH03	113.46 ± 8.24^c	37.07 ± 3.47 ^c	39.30 ± 1.18 ^c	49.29 ± 3.54 ^{c, d}
CC05	38.58 ± 0.00 ^e	65.13 ± 5.89 ^b	40.96 ± 3.54 ^c	45.13 ± 8.34 ^{c, d}
JU05	270.96 ± 10.61^a	69.29 ± 3.54 ^b	77.63 ± 1.18 ^b	58.46 ± 10.00 ^c
PE05	36.08 ± 1.18 ^e	69.29 ± 9.61 ^b	72.63 ± 10.61 ^b	125.68 ± 12.06^a

Las letras como superíndices representan una diferencia significativa entre las medias ($p < 0.05$) en cada uno de los tratamientos.

Tabla 37. Contenido de flavonoides (mg de rutina/g de extracto) a pH 6 con diferentes tratamientos térmicos.

pH / °C	Sin tratamiento	6 / 64	6 / 75	6 / 94
PE01	41.92 ± 5.20 ^e	34.42 ± 1.18 ^{c, d}	25.25 ± 2.33 ^b	61.92 ± 11.79 ^{b, c, d}
CG01	63.31 ± 9.66 ^d	55.67 ± 3.54 ^c	41.92 ± 7.07 ^b	58.59 ± 16.50 ^{c, d}
CG03	224.14 ± 5.09^b	130.81 ± 5.85^a	103.59 ± 4.72^a	115.25 ± 6.67^a
CH03	113.46 ± 8.24^c	46.24 ± 8.22 ^{c, d}	46.79 ± 7.27 ^b	52.63 ± 5.89 ^{d, e}
CC05	38.58 ± 0.00 ^e	32.85 ± 5.58 ^d	32.63 ± 8.25 ^b	15.96 ± 1.17 ^e
JU05	270.96 ± 10.61^a	104.29 ± 8.21^b	99.02 ± 12.05^a	90.13 ± 7.64^{a, b}
PE05	36.08 ± 1.18 ^e	54.85 ± 5.43 ^d	82.63 ± 10.61^a	67.35 ± 5.09 ^{b, c}

Las letras como superíndices representan una diferencia significativa entre las medias ($p < 0.05$) en cada uno de los tratamientos.

Tabla 38. Contenido de flavonoides (mg de rutina/g de extracto) a pH 8 con diferentes tratamientos térmicos.

pH / °C	Sin tratamiento	8 / 64	8 / 75	8 / 94
PE01	41.92 ± 5.20 ^e	46.92 ± 2.35 ^{c, d}	22.48 ± 1.93 ^b	32.47 ± 5.09 ^{b, c}
CG01	63.31 ± 9.66 ^d	61.64 ± 6.79 ^{b, c}	35.25 ± 4.71 ^b	28.29 ± 2.35 ^{b, c, d}
CG03	224.14 ± 5.09^b	72.47 ± 7.70^b	101.92 ± 7.07^a	46.92 ± 0.00 ^b
CH03	113.46 ± 8.24^c	32.63 ± 3.54 ^d	16.80 ± 2.35 ^b	30.13 ± 0.00 ^{b, c, d}
CC05	38.58 ± 0.00 ^e	37.07 ± 1.27 ^d	23.04 ± 1.77 ^b	10.55 ± 2.95 ^d
JU05	270.96 ± 10.61^a	131.24 ± 2.10^a	110.96 ± 15.32^a	76.79 ± 14.14^a
PE05	36.08 ± 1.18 ^e	54.85 ± 5.43 ^c	22.35 ± 3.47 ^b	22.63 ± 3.54 ^{c, d}

Las letras como superíndices representan una diferencia significativa entre las medias ($p < 0.05$) en cada uno de los tratamientos.

10.3.6. Cuantificación de ácidos fenoles totales

Tabla 39. Contenido de ácidos hidroxicinámicos (mg de ácido cafeico/g de extracto) con diferentes tratamientos térmicos.

	Sin tratamiento	64°C / 30 min	75°C / 15 s	94°C / 30 min
PE01	-	-	-	-
CG01	5.78 ± 0.31 ^{c, d}	1.72 ± 0.88 ^c	1.72 ± 0.44 ^c	2.19 ± 0.22 ^c
CG03	3.28 ± 0.88 ^d	2.50 ± 0.22 ^c	8.44 ± 0.22 ^b	3.59 ± 0.44 ^c
CH03	8.75 ± 0.22 ^{b, c}	2.97 ± 0.44 ^c	3.13 ± 0.22 ^{b, c}	3.44 ± 0.22 ^c
CC05	5.36 ± 1.00 ^{c, d}	4.38 ± 0.22 ^{b, c}	4.69 ± 0.22 ^{b, c}	5.16 ± 0.88 ^c
JU05	30.36 ± 1.88^a	20.94 ± 5.08^a	24.11 ± 3.04^a	23.59 ± 2.05^a
PE05	9.84 ± 0.83^b	12.03 ± 0.88^b	3.59 ± 1.33 ^{b, c}	12.03 ± 1.43^b

Las letras como superíndices representan una diferencia significativa entre las medias ($p < 0.05$) en cada uno de los tratamientos.

Tabla 40. Contenido de ácidos hidroxicinámicos (mg de ácido cafeico/g de extracto) con modificación de pH.

	Sin tratamiento	pH 4	pH 6	pH 8
PE01	-	-	-	-
CG01	5.78 ± 0.31 ^{c, d}	5.16 ± 0.00 ^c	4.53 ± 0.83 ^{c, d}	0.68 ± 0.48 ^b
CG03	3.28 ± 0.88 ^d	11.41 ± 0.94 ^b	9.32 ± 0.65 ^b	7.76 ± 0.95^a
CH03	8.75 ± 0.22 ^{b, c}	5.47 ± 0.63 ^c	6.82 ± 1.10 ^c	6.72 ± 0.83^a
CC05	5.36 ± 1.00 ^{c, d}	6.72 ± 0.63 ^c	4.32 ± 0.36 ^d	-
JU05	30.36 ± 1.88^a	15.57 ± 1.48^a	12.24 ± 1.26^a	9.95 ± 2.73^a
PE05	9.84 ± 0.83^b	5.78 ± 3.09 ^c	-	-

Las letras como superíndices representan una diferencia significativa entre las medias ($p < 0.05$) en cada uno de los tratamientos.

10.4. Evaluación sensorial

10.4.1. Cuestionario de prueba cata y escala hedónica

PRIMERA PARTE

Nombre: _____ Edad: _____

Género: _____

Instrucciones: A continuación, se le muestran 6 rebanadas de salchicha, probar de izquierda a derecha.

De la siguiente lista de atributos marca todos los que detectes en la muestra _____, puedes seleccionar desde uno hasta todos los que aparecen, si detectas algún otro por favor anótalo.

Olor	Apariencia	Textura	Sabor
Rancio	Lisa	Suave	Salado
Carne de cerdo	Brillosa	Firme	Carne de cerdo
Especias	Opaca	Gomosa	Grasosa
Butírico	Verdosa	Elástica	Herbal
Herbal	Oscura	Granular	Ácida
Humedad	Clara		Rancio
Agrio	Rosado		Dulce
Azufrado	Café		Amargo

Otros: _____

Con base a los atributos seleccionados, dirías que la muestra _____. ¿Es de tu agrado?

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

¿Consumirías este producto? Sí _____ No _____

SEGUNDA PARTE

¿Consumes salchichas? Sí _____ No _____

Con que frecuencia consumes salchichas:

Diario	2 o 3 veces a la semana	Una vez al mes
--------	-------------------------	----------------

¿Qué marcas de salchichas conoces?

Fud	San Rafel	Zwan	Alpino
-----	-----------	------	--------

Otras: _____

¿De qué tipo de salchichas conoces?

Carne de pavo	Carne de res	Carne de cerdo
---------------	--------------	----------------

Otras: _____

¿Consumes o has consumido insectos como alimento? Sí _____ No _____

En caso de ser afirmativa tu respuesta indica, ¿Cuáles?

Gusanos de maguey	Chicatanas	Chapulines	Jumiles
-------------------	------------	------------	---------

Otros: _____

¿Consumirías un producto que contenga un extracto de insecto comestible? Sí _____

No _____

10.4.2. Test de Friedman

Tabla 41. Estadísticos descriptivos.

Variable	Observaciones	Obs. con datos perdidos	Obs. sin datos perdidos	Mínimo	Máximo	Mediana	Desviación típica
CF	95	0	95	1.000	7.000	4.463	1.508
C8	95	0	95	1.000	7.000	3.642	1.688
EF	95	0	95	1.000	7.000	4.400	1.417
E8	95	0	95	1.000	7.000	3.905	1.638

Tabla 42. Prueba de Friedman.

Q (Valor observado)	20.474
Q (Valor crítico)	7.815
GDL	3
p-valor (bilateral)	0.000
alfa	0.05

Interpretación de la prueba:

H₀: Las muestras vienen de la misma población.

H_a: Las muestras no vienen de la misma población.

Como el p-valor computado es menor que el nivel de significación $\alpha=0.05$, se debe rechazar la hipótesis nula H₀, y aceptar la hipótesis alternativa H_a.

El riesgo de rechazar la hipótesis nula H₀ cuando es verdadera es menor que 0.01%.

Se han detectado empatados en los datos y se han aplicado las correcciones apropiadas.

Tabla 43. Comparaciones múltiples por pares mediante el procedimiento de Nemenyi/Prueba bilateral.

Muestra	Frecuencia	Suma de los rangos	Media de los rangos	Grupos	
C8	95	202.500	2.132	A	
E8	95	223.000	2.347	A	B
EF	95	256.500	2.700		B
CF	95	268.000	2.821		B

10.4.3. Nivel de agrado general

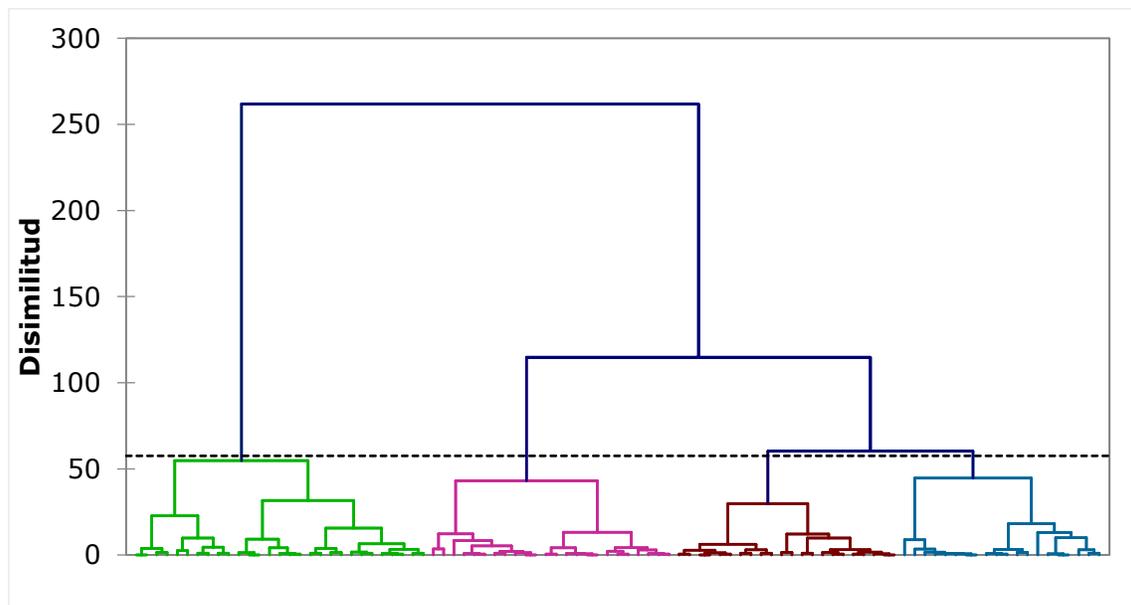


Figura 31. Agrupación de consumidores

Tabla 44. Resultados de la agrupación de los consumidores.

Clase	1	2	3	4
Objetos	24	20	29	22
Suma de los pesos	24	20	29	22
Varianza intraclase	4.723	5.932	6.635	3.727
Distancia mínima al centroide	0.515	1.168	1.249	0.510
Distancia media al centroide	1.966	2.224	2.447	1.710
Distancia máxima al centroide	3.799	4.332	3.988	3.436
	1	2	3	4
	8	6	5	9
	10	18	7	11
	12	37	14	19
	13	39	16	27
	15	44	17	29
	20	45	21	30
	24	50	22	34
	26	59	23	40
	28	63	25	52
	31	72	32	54
	33	73	35	55
	38	74	36	62
	42	84	41	64
	46	85	43	68
	49	86	47	69
	53	87	48	76
	57	90	51	78
	58	92	56	81
	61	95	60	82
	70		65	83
	91		66	88
	93		67	
	94		71	
			75	
			77	
			79	
			80	
			89	

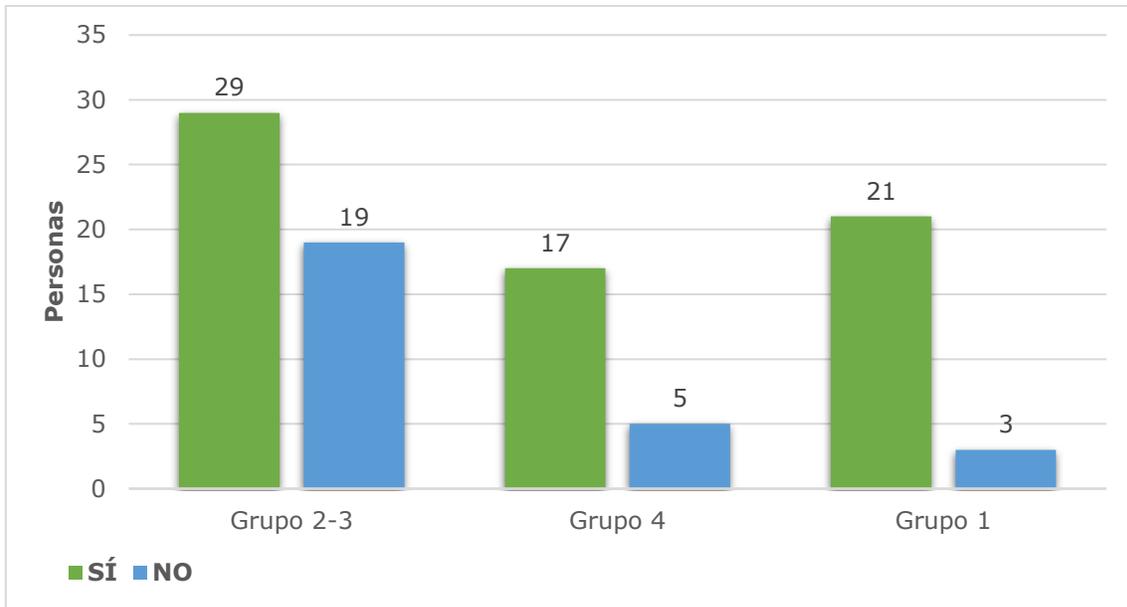


Figura 32. Consumo de insectos comestibles.

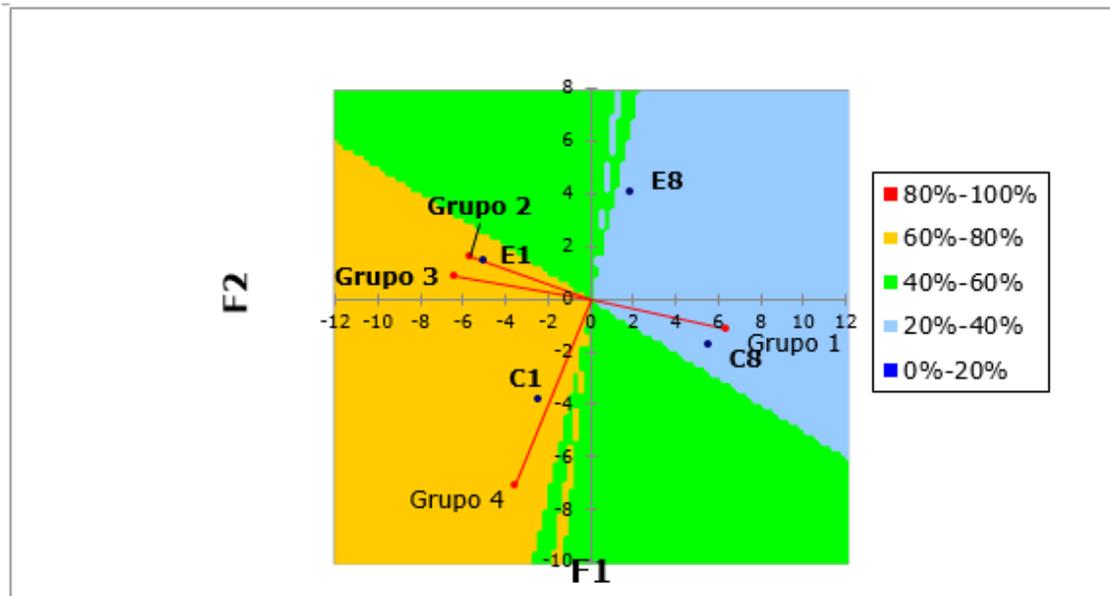


Figura 33. Mapa de preferencia y diagrama de control entre las muestras y las agrupaciones de los consumidores.

Los colores marcan los porcentajes de preferencia de las muestras E1: salchicha fresca con extracto, E8: salchicha con extracto con 8 días de haber sido elaborada se encuentra en un rango de 60%-80% de preferencia, E14: salchicha con extracto con 14 días de haber sido elaborada, C1: salchicha control fresca y C8: salchicha con 8 días de haber sido elaborada en un rango de 20-40% de preferencia.

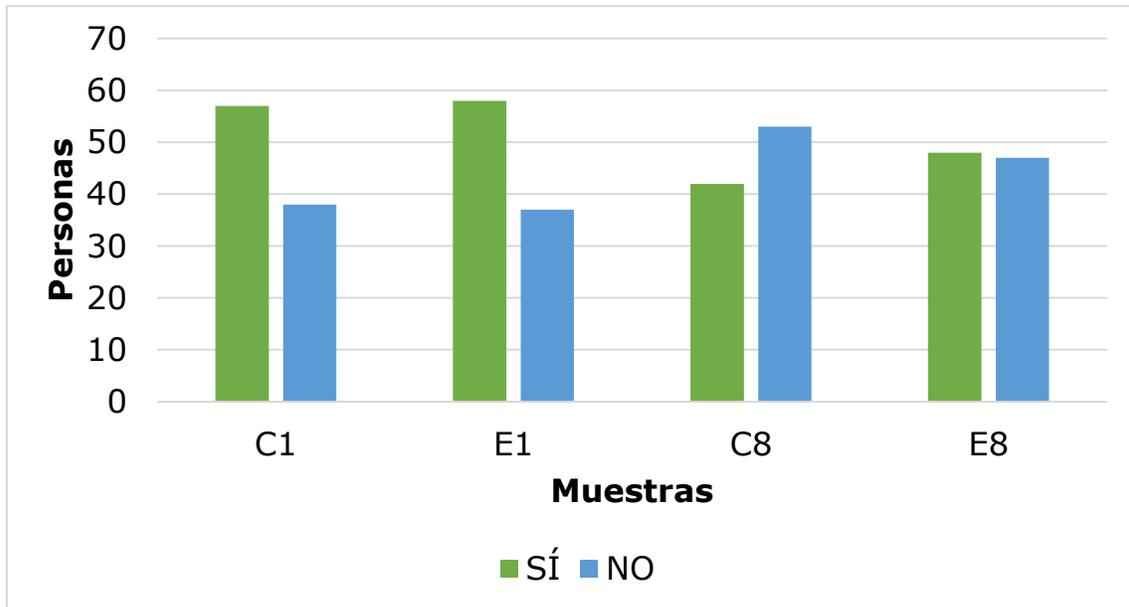


Figura 34. Personas que consumirían las muestras evaluadas.

E1: salchicha fresca con extracto, E8: salchicha con extracto con 8 días de haber sido elaborada, E14: salchicha con extracto con 14 días de haber sido elaborada, C1: salchicha control fresca y C8: salchicha con 8 días de haber sido elaborada.

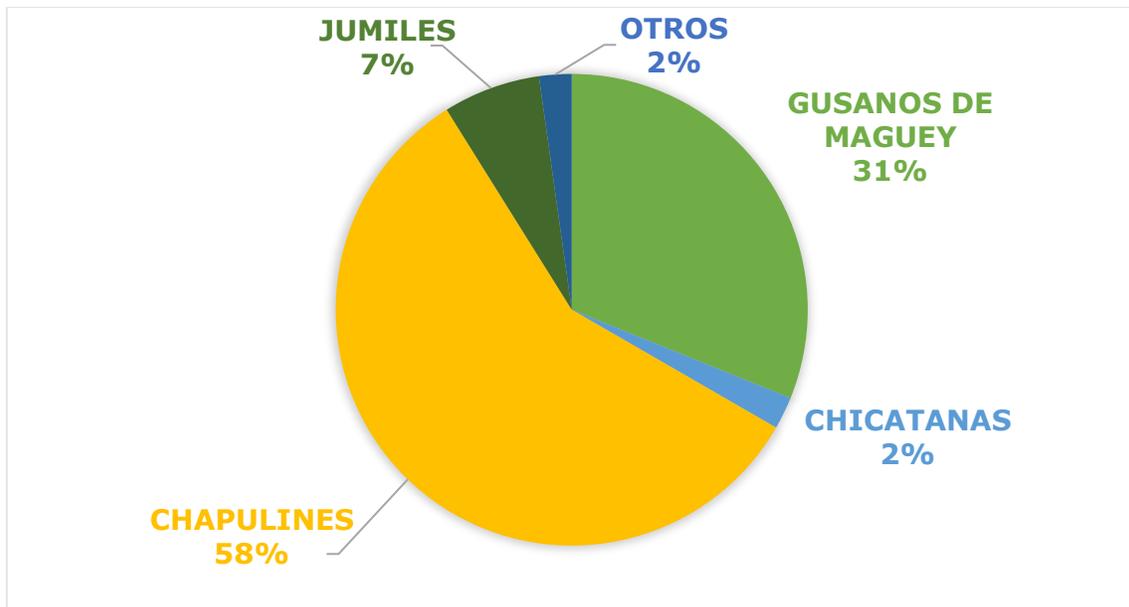


Figura 35. Insectos consumidos por los grupos 2 y 3.



August 23th, 2018

ID 180

Dear colleague

We are pleased to inform that the work:

"Evaluation of the effect of the cooking treatment on the antioxidant capacity and quantification of polyphenols in the extracts of edible endemic insects from Mexico"

Authored by:

Cuaxospa-Xolalpa, B., Ponce-Alquicira, E., Álvarez-Cisneros, Y.M.

has been **ACCEPTED** for **POSTER** presentation during the Latin Food 2018 congress.

In short, we will let you know the date and time of your presentation

On behalf of the organizing committee, we thank you for your participation and we are looking forward to greet you from November the 14th to 16 at Puerto Vallarta, Jalisco, Mexico.

Sincerely
Organizing Committee,
Latin Food 2018

N.B. "Each delegate to Latin Food 2018, who paid her/his registration fee, may present up to two works either as a poster or oral presentation."

AMECA
ASOCIACION MEXICANA
DE CIENCIAS DE LOS ALIMENTOS, A.C.

Evaluation of the effect of the cooking treatment on the antioxidant capacity and quantification of polyphenols in the extracts of edible endemic insects from Mexico

Cuaxospa-Xolalpa, B., Ponce-Alquicira, E., Álvarez-Cisneros, Y.M.*
 Universidad Autónoma Metropolitana – Iztapalapa. Departamento de Biotecnología
 San Rafael Atlixco #186 Col. Vicentina, CP 09340, Ciudad de México,
 México.*acym@xanum.uam.mx



Introduction. The insects had demonstrated antioxidant activity in aqueous and organic extracts⁽¹⁾, which they can be used as natural antioxidants in the food industry to prevent the oxidation of foods. Some antioxidants are unstable to high temperatures as cooking treatment (72°C/15 min) and lost their functionality. In sausages, the antioxidants used are BHT, BHA, and TBHQ, but some natural antioxidants like polyphenols have begun to replace them in the food industry. The objective of this work was to evaluate the antioxidant capacity and quantification of polyphenols presents in extracts of edible insects after cooking treatment⁽²⁾.

Results. According to the PCA (graphic 1) only seven extracts were selected with a significant difference by the content of polyphenols, tannins and flavonoids ($p < 0.05$) for all the samples analyzed. The extract CG03 (grasshoppers/ethanol) was the unique sample that after cooking and pH treatment not lost antioxidant activity (51.19 mg of TROLOX / g of extract) with respect to the control (56.81 mg of TROLOX / g of extract); and have the highest content of total polyphenols (10.58 mg of gallic acid/g of extract) and flavonoids (108.58 mg of rutin/g of extract).

Methodology

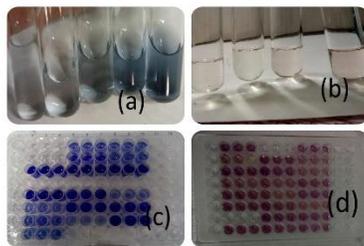
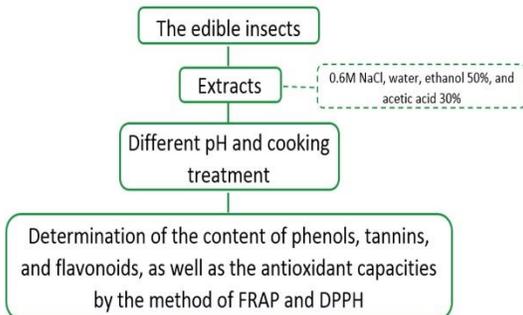
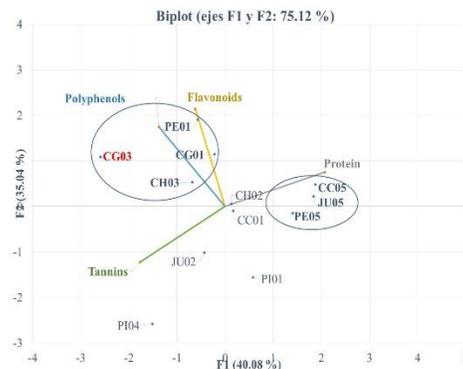


Image 1. Determination the phenols (a), flavonoids (b), DPPH (c) and FRAP (d).



Graphic 1. Principal component analysis (PCA) of the different extracts

Conclusion. The ethanol extract of grasshoppers presented stable molecules to the heat and pH, which could be used as antioxidants in cooking foods, but more studies need to be performed for knowing the interaction of the antioxidant molecules with the food matrix.

References

- (1) Mendoza, D., Salgado, M. y Durant, L. (2013). Capacidad antioxidante de extractos metanólicos de cuerpo entero del escarabajo *Ulomoides dermestoides* (Chevrolat, 1893). *Revista Cubana de Investigaciones Biomédicas*, 32(4), 402-410.
- (2) Píojoan, M. (2001). El consumo de insectos, entre la necesidad y el placer gastronómico. *OFFARM*, 20(9), 150-161.

19 de mayo de 2021

Estimado(a) **Yenizey Merit Álvarez Cisneros**

Agradecemos sinceramente el interés por participar en el XLII 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 DEL EFECTO DEL pH Y TRATAMIENTO TÉRMICO EN LA CAPACIDAD ANTIOXIDANTE DEL EXTRACTO DE CHAPULÍN (*Sphenarium purpurascens*)

Cuyos autores son:

Berenice Cuaxospa Xalalpa, Yenizey 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.

En fechas posteriores podrá consultar 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 sábado 19 de junio de 2021 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 durante el evento.

Atentamente
COMITÉ TÉCNICO AMIDIQ 2021

EVALUACIÓN DEL EFECTO DEL pH Y TRATAMIENTO TÉRMICO EN LA CAPACIDAD ANTIOXIDANTE DEL EXTRACTO DE CHAPULÍN (*Sphenarium purpurascens*)

Cuaxospa-Xolalpa, B. ^a, Álvarez-Cisneros, Y.M. ^{a*}

^a Departamento de Biotecnología, DCBS, Universidad Autónoma Metropolitana – Iztapalapa.
San Rafael Atlixco #186 Col. Vicentina, CP 09340, Ciudad de México, México.

acym@xanum.uam.mx

Resumen

La búsqueda de nuevas fuentes de antioxidantes naturales ha ido en aumento para sustituir aditivos sintéticos para evitar la oxidación lipídica y mantenerla vida de anaquel. El objetivo del trabajo fue estudiar el efecto del pH (4, 6, 8) y tratamiento térmico (64°/30 min, 72°/15 s y 95°/30 min) sobre la actividad antioxidante del extracto de *Sphenarium purpurascens*. Se obtuvo un extracto etanólico de chapulín y se determinó el contenido de proteínas solubles, fenoles totales, taninos, flavonoides, y la actividad antioxidante (FRAP, DPPH) de los extractos antes y después de los tratamientos. En la prueba de FRAP no hay diferencia significativa ($p < 0.05$) entre el control (50.79 ± 0.982 μg equivalente de TROLOX/ mL de extracto) y los diferentes tratamientos de temperatura sin modificación de pH, pero en todos los demás tratamientos si se observó una disminución en la actividad antioxidante. Para las determinaciones de DPPH no se observan diferencias significativas ($p < 0.05$) entre el control ($118.37 \pm 1.98\%$) y los diferentes tratamientos, a excepción de las combinaciones a pH 8. El extracto presentó un contenido de proteína 52.29 ± 2.022 mg de BSA/ g de extracto, polifenoles totales 10.67 ± 0.75 mg de ácido gálico/ g de extracto y de flavonoides de 224.14 ± 5.09 mg de rutina/ g de extracto, y todas disminuyen su cuantificación después de los tratamientos temperatura-pH. Finalmente, el extracto puede ser utilizado como antioxidante natural en productos que tengan en su proceso temperaturas de cocción, sin embargo, otros estudios deben ser realizados.

Introducción

El enfoque actual en la industria de los alimentos y la carne es adicionar antioxidantes de origen natural dentro del proceso o al producto final. Por lo tanto, existe una creciente demanda de antioxidantes naturales, incluso algunos de ellos pueden tener un efecto más potente que los antioxidantes artificiales o similar [1].

Los antioxidantes sintéticos más utilizados en la conservación de los alimentos son butilhidroxitolueno (BHT), butilhidroxianisol (BHA) y terbutilhidroquinona (TBHQ), los cuales son volátiles y se descompone fácilmente a altas temperaturas, últimamente ha sido cuestionado su uso debido al efecto tóxico que tiene para la salud. Por lo cual algunos antioxidantes naturales como los polifenoles han comenzado a reemplazar a los sintéticos en la industria alimentaria [1, 2].

Un antioxidante es cualquier molécula capaz de prevenir o retardar la oxidación, entregando uno o más de sus electrones para estabilizar algún componente biológico desapareado por efecto del ataque de radicales libres, los antioxidantes de origen natural son encontrados principalmente en plantas, microorganismos, hongos, y tejido animal [1].

tener al menos un anillo aromático con uno o más grupos hidroxilos unidos, incluyendo derivados funcionales ésteres, metil ésteres y glucósidos, entre otros. La naturaleza de los fenoles varía desde moléculas simples (como los ácidos fenólicos), hasta compuestos altamente polimerizados, como los taninos [3]. Los principales grupos de los antioxidantes naturales son: tocoferoles, flavonoides, ácidos fenólicos y taninos [4, 5].

Aunque la mayoría de las investigaciones se basan en extractos vegetales, es importante estudiar otras fuentes no convencionales como pueden ser los insectos, que tienen una relación co-evolutiva con las plantas [6]. Debido a que los insectos constituyen una fuente importante de proteínas en la alimentación, con aminoácidos esenciales importantes como lisina y triptófano, que suelen escasear en cereales, verduras, tubérculos y carne de res. Además de tener niveles apreciables de sodio, potasio, calcio, zinc y magnesio, además de vitaminas A, C y D y ser una fuente importante de fibra por su alto contenido de quitina. Aunque algunas especies presentan un contenido proteínico relativamente bajo, esta deficiencia suele quedar compensada por el hecho de que muchos de estos artrópodos convierten sus alimentos de un modo más eficiente [7,8].

Por otra parte se ha documentado la presencia de moléculas y actividad antioxidantes en diferentes extractos de insectos, por ejemplo, escarabajos (*Ulomoides dermestoides*) en extractos metanólicos [9] y el gusano de harina (*Tenebrio molitor*) sometido a diferentes métodos de cocción [10]. Estos extractos de insectos pueden ser utilizados como nutraceuticos (para aliviar enfermedades inducidas por estrés oxidativo) o aditivo (antioxidante) en alimentos convencionales o funcionales [11]. Por lo que el objetivo del trabajo fue estudiar el efecto del pH (4, 6, 8) y tratamiento térmico (64°/30 min, 72°/15 s y 95°/30 min) sobre las moléculas y actividad antioxidante de un extracto etanólico de chapulines *Sphenarium purpurascens*.

Metodología

El chapulín (*Sphenarium purpurascens*) fue obtenido del Mercado de Carnes Exóticas San Juan en la CDMX, se colocaron en una porción de 1:10 en etanol al 30% y se mantuvo en agitación a 90 rpm durante 5 días a 24°C en oscuridad [9]. Se filtraron con gasa para eliminar los cuerpos de los chapulines, el extracto se concentró en un rotavapor a 20 rpm durante 20 min. Posteriormente se congelaron a -80°C y se liofilizaron a 0.030 mBar a una temperatura de -50°C (liofilizadora Labconco). Para evaluar la estabilidad antioxidante de los extractos en diferentes condiciones de pH, tratamiento térmico y la combinación de ambos, cada extracto seleccionado previamente, fue dividido en 4 fracciones las cuales se ajustaron a pH 4, 6 y 8 con HCl 0.1 N y NaOH 0.1 M y una alícuota se dejó sin modificaciones de pH. Cada fracción se dividió en 4 alícuotas, tres de ellas se sometieron a tratamiento térmico (64°C durante 30 min, 72°C durante 15 s y 95°C durante 30 min) y una sin tratamiento térmico (tabla 1).

Una vez realizados los diferentes tratamientos, se realizaron las siguientes pruebas para evaluar la estabilidad de la actividad antioxidante y contenido de moléculas antioxidantes de los extractos.

Tabla 1. Diseño experimental para la evaluación de diferentes tratamientos (pH y temperatura) y su combinación.

pH	Temperatura/ tiempo	Tratamiento
Sin modificación de pH	Sin tratamiento térmico	1 (control)
	64°C / 30 min	2
	72°C / 15 s	3
	95°C / 30 min	4
4	Sin tratamiento térmico	5
	64°C / 30 min	6
	72°C / 15 s	7
	95°C / 30 min	8
6	Sin tratamiento térmico	9
	64°C / 30 min	10
	72°C / 15 s	11
	95°C / 30 min	12
8	Sin tratamiento térmico	13
	64°C / 30 min	14
	72°C / 15 s	15
	95°C / 30 min	16

La proteína soluble se cuantificó mediante el ensayo de Bradford [12], se realizó una mezcla con 50 μL de extracto y 1.5 mL de reactivo de Bradford, se dejó reposar durante 10 min a temperatura ambiente en condiciones de oscuridad, posteriormente se midió la absorbancia a 595 nm en un espectrofotómetro (Genesys 105 UV-VIS Thermo Scientific). Previamente se realizó una curva patrón utilizando albumina sérica bovina (BSA) como estándar en un intervalo de concentración de 0 - 1000 $\mu\text{g/mL}$.

Se realizó la cuantificación de fenoles totales mediante el método espectrofotométrico de Folin–Ciocalteu [13]. Se llevó a cabo la reacción de 100 μL de extracto y 2.8 mL de agua con 100 μL de reactivo de Folin–Ciocalteu 50% durante 5 min, posteriormente se adicionaron 2 mL de carbonato de sodio 2%, y se dejó en reposo durante 40 min a temperatura ambiente, todo esto en condiciones de oscuridad. Finalmente se midió la absorbancia a 750 nm en un espectrofotómetro (Genesys 105 UV-VIS Thermo Scientific). Se utilizó ácido gálico (AG) como estándar para la curva patrón de 0-200 $\mu\text{g/mL}$.

La cuantificación de flavonoides se determinó con el método colorimétrico con tricloruro de aluminio [14], la reacción se llevó a cabo con 250 μL de extracto, 1.25 mL de agua y 75 μL de nitrito de sodio 5%. Se dejó reposar a temperatura ambiente durante 6 min, consecutivamente se adicionó 150 μL de tricloruro de aluminio 2% se dejó reposar durante 5 min y se adicionó 500 μL de hidróxido de sodio 1M, finalmente se completó un volumen final de 2.25 mL con agua destilada y se incubó durante 50 min a temperatura ambiente, llevando la reacción condiciones de oscuridad. Posteriormente se midió la absorbancia a 510 nm en un espectrofotómetro (Genesys 105 UV-VIS Thermo Scientific) y se utilizó rutina como estándar en la curva patrón de 0 - 250 $\mu\text{g/mL}$.

La actividad antioxidante se determinó de acuerdo a las siguientes técnicas:

- 1) Poder antioxidante de la reducción férrica (FRAP) [15] en la que se colocaron 100 μL de extracto con 750 μL de reactivo de FRAP y se incubó durante 5 min a 37°C. Se tomaron 150 μL y se analizaron en el lector de placas (Synergy HT BioTek) a 593 nm. Se realizó una curva patrón utilizando como estándar el ácido 6-hidroxi-2,5,7,8-tetrametilcromano-2-carboxílico (TROLOX) disuelto en metanol 50% en un intervalo de concentración de 0 - 400 $\mu\text{g/mL}$.
- 2) Actividad reductora de radicales 1,1-difenil-2-picrilhidracil (DPPH) [9] con la que se realizaron cinéticas para determinar el porcentaje de reducción del radical DPPH en presencia de los extractos y el antioxidante de referencia (0.0078 – 0.125 mg/mL de ácido gálico). Se realizaron mediciones cada 5 min durante 30 min a 25°C de todas las reacciones en un lector de placas (Synergy HT BioTek) a una longitud de onda de 517 nm. Se colocaron 5 μL de la muestra y 195 μL de solución metanólica de DPPH 8×10^{-5} M de DPPH. Por otra parte, se prepararon diferentes controles para verificar que el disolventes o extractos no absorban en la longitud de onda utilizada: 1) blanco de equipo (200 μL de agua); 2) blanco del disolvente (5 μL de disolvente en que se disolvió el extracto y 195 μL de agua); 3) blanco del extracto (5 μL de extracto y 195 μL de agua); 4) blanco para el disolvente del DPPH (200 μL de metanol). Finalmente, un pocillo de la placa se utilizó para determinar la absorbancia del radical DPPH sin presencia de antioxidante.

Se calculó el porcentaje de reproducción de DPPH con la siguiente ecuación:

$$\% \text{ de reducción DPPH} = \frac{(A_R - A_{bpR}) - (A_m - A_{bp} - A_{mp})}{A_R - A_{bp}} \times 100\%$$

Donde:

A_R = Absorbancia del radical DPPH

A_m = Absorbancia del extracto

A_{bpR} = Absorbancia del blanco del disolvente radical – Absorbancia del equipo

A_{bp} = Absorbancia del blanco del disolvente – Absorbancia del equipo

A_{mp} = Absorbancia del blanco del extracto – Absorbancia del equipo

Resultados

El extracto etanólico de chapulines tiene una capacidad reductora por FRAP estable sin importa la modificación de los tratamientos térmicos como se observa en la figura 1, también se pudo observar que hay diferencia significativa en las combinaciones de pH y tratamiento térmico respecto a control ($p < 0.05$), mostrándose una ligera disminución en los tratamientos con un pH de 8 debido a que los compuestos fenólicos tienen una mayor capacidad reductora debido a que forman un complejo azul con la tripiridiltriazina y en pH ácido siendo capaces de reducir el Fe^{3+} a Fe^{2+} [16]. El porcentaje de reducción del radical DPPH mantiene una estabilidad en los diferentes tratamientos, lo cual puede ser de interés, ya que los compuestos antioxidantes naturales utilizados en la industria son inestables a temperaturas de proceso como la pasteurización o cocción.

Se ha reportado en la bibliografía que el contenido fenólico en algunas plantas, no se relaciona con una alta actividad antioxidante, si no con el mecanismo de acción de los polifenoles presentes. Por ejemplo, algunos polifenoles están ampliamente distribuidos en el reino vegetal y son importantes en la capacidad antioxidante, por ejemplo, los compuestos fenólicos en las semillas de legumbres son particularmente

flavonoides, ácidos fenólicos y procianidinas, la capacidad antioxidante de las legumbres puede verse influenciada por su composición compleja como polisacáridos activos, proteínas, aminoácidos, vitaminas y microelementos [17].

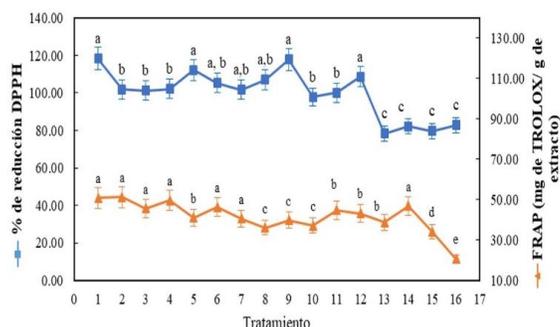


Figura 1.- Actividad antioxidante DPPH y FRAP. Las letras diferentes representan diferencia significativa entre los tratamientos ($p < 0.05$)

En la figura 2 se puede observar que con respecto al contenido de polifenoles totales no hay diferencia significativa ($p < 0.05$) entre el control y los tratamientos 2 (64 °C / 30s), 5 (sin tratamiento / pH 4), 6 (64 °C / 30 s / pH 4), 9 (sin tratamiento / pH 6), 9 (64 °C / 30 s / pH 6), 13 (sin tratamiento / pH 8) y 14 (64 °C / 30 s / pH 8). Para el contenido de flavonoides se tiene el valor más alto de 224.14 ± 5.09 mg de rutina/g de extracto en el control y se observa que hay diferencia significativa ($p < 0.05$) con respecto a los demás tratamientos, a pesar de que se tiene una disminución del contenido de flavonoides en los diferentes tratamientos sigue manteniendo su actividad antioxidante. En la cuantificación de proteínas si se observa una disminución con forme aumenta la temperatura y el pH, ya que en el tratamiento 16 (95 °C / 30 s / pH 8) ya no es posible detectar la macromolécula con la técnica utilizada. Estos resultados infieren que el pH no es un factor que pueda alterar la cuantificación de estas moléculas antioxidantes, sin embargo la combinación de pH y temperatura si provoca una disminución tanto de la actividad antioxidante como de la cuantificación de los compuestos antioxidante. Pero a pesar de la disminución observada en ningún momento se pierde en su totalidad la actividad antioxidante de los extractos, lo que indica que pueden ser utilizados en el procesamiento de alimentos con operaciones unitarias de tratamiento térmico.

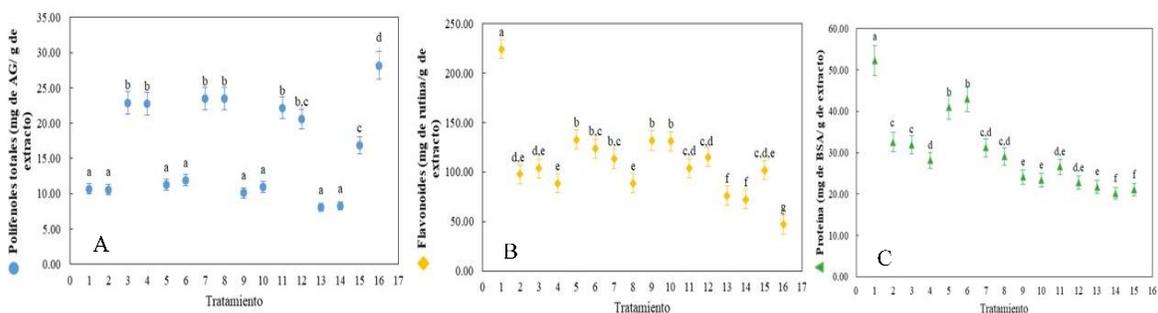


Figura 2. Contenido de moléculas antioxidantes: Polifenoles totales (A); Flavonoide (B) y Proteína (C). Las letras diferentes representan diferencia significativa entre los tratamientos ($p < 0.05$).

de *T. molitor* [10] sometido a diferentes métodos de cocinado. Las larvas de *T. molitor* liofilizadas presentaron un contenido fenólico de 9.23 ± 0.09 mg GAE/g lo cual es equiparable con los resultados obtenidos en el presente trabajo del extracto de etanólico de *Sphenarium purpurascen* con una concentración de 10.67 ± 0.75 mg GAE/g. Otros estudios realizados en aguacate muestran que los resultados obtenidos con respecto al contenido fenólico y actividad FRAP son menores a los obtenidos para chapulín.

Conclusiones

En el extracto etanólico de chapulines se ha demostrado que tiene moléculas antioxidantes estables al calor y pH, ya que no se perdió la actividad antioxidante en ninguno de los tratamientos; además tiene una alta concentración de flavonoides, y valores intermedios en proteína y fenoles totales, que le ayudan a su estabilidad. Sin embargo otros estudios deben realizarse para identificar la o las moléculas antioxidantes presentes en el extracto.

Referencias

- [1] Valenzuela, C. y Pérez, P., "Natural antioxidants obtained from fruit and vegetables and their effect over the shelf life of meat and meat products: an update", *Revista Chilena de Nutrición*, Vol. 43, p. 188-195, 2016.
- [2] Isaza, Y. L., Restrepo, D. A. y López, J. H., "Oxidación lipídica y antioxidantes naturales en derivados cárnicos", *Journal of Engineering and Technology*, Vol. 2, No. 2, 2013.
- [3] Konigsberg M., "Radicales libres y estrés oxidativo: aplicaciones médicas", *Editorial El Manual Moderno*, 2008.
- [4] Dueñas, J.C., "Extracción y caracterización de principios activos de estructura fenólica con propiedades antioxidantes y antibacterianas, a partir de residuos del procesamiento de alcachofas". Facultad de Ingeniería en Biotecnología. ESPE. Sede Sangolquí, 2019.
- [5] Figueroa, F., "Composición fenólica, lipídica, actividad antioxidante y biodisponibilidad in vitro de 10 genotipos de nueces cultivados en la Región de Murcia", Universidad Católica San Antonio, Murcia, España, 2012.
- [6] Van Huis, A., Iterbeeck, J., Klunder, H., Mertens, E., Halloran, A., Munir, G. y Vantomme P., "Edible insects: future prospects for food and feed security". FAO. Roma, 2013.
- [7] Piojoan, M., "El consumo de insectos, entre la necesidad y el placer gastronómico". *OFFARM*, Vol. 20, No. 9, p. 150-161, 2001.
- [8] Ambrosio, G., Nieto, C., Aguilar, S. y Espinoza A., "Los insectos comestibles: un recurso para el desarrollo local en el centro de México.", 116Th Seminar, October 27-30, Parma, Italy, 2010.
- [9] Mendoza, D., Salgado, M. y Durant, L., "Capacidad antioxidante de extractos metanólicos de cuerpo entero del escarabajo *Ulomoides dermestoides* (Chevrolat, 1893)". *Revista Cubana de Investigaciones Biomédicas*, Vol. 32, p. 402-410, 2013.
- [10] Baek, M., Kim, M., Kwon, Y., Hwang, J., Goo, T., Jun, M., Yun, E., "Effects of processing methods on nutritional composition and antioxidant activity of mealworm (*Tenebrio molitor*) larvae", *Entomological Research*, Vol. 49, p. 285-294, 2019.
- [11] Barrón, R. M., García, M. R., Soto, M. R., Colinas, T., Kite, G., "Flavonoids and antioxidant activity of *Calia secundiflora* (Ort.) Yakovlev", *Revista Fitotecnia Mexicana*, Vol. 34, No. 3, p. 151-157, 2011.
- [12] SIGMA-ALDRICH, "Product Information Bradford Reagent", 2018.
- [13] Lin, J. y Tang, C., "Determination of total phenolic and flavonoid contents in selected fruits and vegetables, as well as their stimulatory effects on mouse splenocyte proliferation", *Food Chemistry*, Vol. 101, p. 140-147, 2007.
- [14] López, L., "Efecto de la incorporación de extracto de tamarindo (*Tamarindus indica*) con actividad antioxidante en la elaboración y funcionalidad de películas biodegradables proteína-almidón". Universidad Autónoma Metropolitana, D.F., México, 2010.
- [15] Calderón, M., Escalona, H., Medina, O., Pedraza, J., Pedroza, R., Ponce, E., "Optimization of the antioxidant and antimicrobial response of the combined effect of nisin and avocado by products". *LWT - Food Science and Technology*, Vol. 65, p. 46-52, 2016.
- [16] Benzie, I. F. F. y Strain, J. J., "The Ferric Reducing Ability of Plasma (FRAP) as a Measure of "Antioxidant Power": The FRAP Assay", *Analytical biochemistry*, Vol. 239, p. 70-76, 1996.
- [17] Zhao, Y., Du, S., Wang, H. y Cai, M., "In vitro antioxidant activity of extracts from common legumes", *Food Chemistry*, Vol. 152, p. 462-466, 2014.

----- Forwarded Message -----

From: Sociedad Mexicana de Biotecnología y Bioingeniería <contacto@smbb.mx>

To: acym@xanum.uam.mx

Sent: Wed, 18 Aug 2021 17:56:47 +0000

Subject: Aceptación trabajo libre XIX Congreso Nacional de Biotecnología y Bioingeniería

Estimados:

- * Berenice Cuaxospa-Xolalpa
- * Héctor B. Escalona-Buendía
- * Yenizey Merit Álvarez-Cisneros

El Comité Científico del XIX Congreso Nacional de Biotecnología y Bioingeniería se complace en informarle que su resumen titulado: ESTUDIO DEL EFECTO ANTIOXIDANTE Y ANTIMICROBIANO DEL EXTRACTO DE CHAPULÍN (*SPHENARIUM PURPURASCENS*) EN SALCHICHAS.

Fue aceptado para su presentación en el área IV. Biotecnología alimentaria.

Las instrucciones detalladas para la presentación de su trabajo puede encontrarlas en el archivo anexo y serán publicadas en la página de la SMBB a partir del 30 de junio de 2021.

* Se le recuerda que para que su resumen sea incluido en las memorias del XIX Congreso Nacional, alguno de los autores deberá de cubrir su cuota de inscripción: Pagos SMBB

* La cuota de inscripción de un participante avala la presentación DE DOS TRABAJOS LIBRES.

* Lo invitamos a registrar su asistencia al XIX Congreso Nacional a través del siguiente sitio: [Regístrame](#)

[Descargar instrucciones para presentación de trabajos](#)

Por el Comité Científico del XIX Congreso Nacional,



XIX Congreso Nacional de Biotecnología y Bioingeniería



ESTUDIO DEL EFECTO ANTIOXIDANTE Y ANTIMICROBIANO DEL EXTRACTO DE CHAPULÍN (*SPHENARIUM PURPURASCENS*) EN SALCHICHAS.

Berenice Cuaxospa-Xolalpa, Héctor B. Escalona-Buendía, Yenizey Merit Álvarez-Cisneros*
Departamento de Biotecnología, DCBS, Universidad Autónoma Metropolitana – Iztapalapa, San Rafael Afoxco #186
Colonia Vicentina, CP 09340, Ciudad de México, México, *acym@xanum.uam.mx

Palabras clave: chapulín, oxidación lipídica, salchichas.

Introducción. Se ha estudiado el poder antioxidante y antimicrobiano en una gran diversidad de extractos de plantas, por ejemplo, el extracto de hojas de olivo, sesamo y ácido elárgico los cuales reducen la oxidación lipídica en salchichas crudas y cocidas de cerdo [1]. Pero hay muy pocos estudios del uso de extractos de insectos en alimentos, aunque ya se ha demostrado *in vitro* que presentan una alta concentración de polifenoles y actividad antioxidante [2]. Por lo que el objetivo de este trabajo es evaluar la capacidad antioxidante y antimicrobiana del extracto etanólico de chapulín (EEC) en salchichas durante el tiempo de almacenamiento.

Metodología



Resultados. En la figura 1 se observa que ambas muestras tienen una tendencia similar en el tiempo, en el día 14 se encuentra el punto máximo, teniendo un mayor contenido de malondialdehído en el control. Estos resultados indican que el EEC realizó una reducción en el proceso de oxidación de las salchichas, aunque después del día 25 no hay diferencia entre los tratamientos.

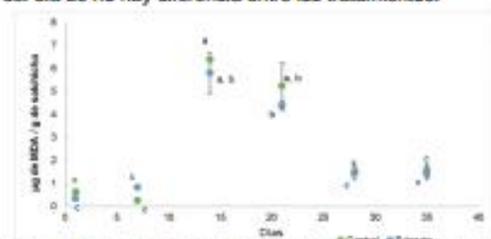


Figura 1. Contenido de malondialdehído en las salchichas durante 35 días de almacenamiento. Las letras diferentes representan diferencia significativa entre los tratamientos ($p < 0.05$).

Los datos obtenidos con respecto al color CIELAB* muestran diferencia significativa en la luminosidad, ya que la muestra con extracto fue más opaca (L^*

44.92 ± 0.13) que el control ($L^* 50.29 \pm 0.00$). Las muestras con extracto tienden a tonalidad amarilla en comparación con el control y la adición del extracto confiere color de forma natural por las melaninas presentes en el chapulín. El pH se mantuvo constante para ambos tratamientos hasta el día 21 y se observaron diferencias significativas ($p < 0.05$) entre los tratamientos, y los pH's más altos se tienen en las muestras con el extracto (figura 2). En los días 28 y 35 disminuye el pH para ambos tratamientos, sin embargo las muestras con extracto presentan pH similares al control en el día 1. El efecto de la acidificación se puede deber a la presencia de bacterias ácido lácticas [4]. Con respecto al crecimiento de mesófilos se observa que el tratamiento con el extracto tiene menor carga microbiana que el control, y a partir del día 7 y hasta el 14 se observa una disminución de 1.5 log teniendo una diferencia significativa con respecto al control ($p < 0.05$), lo cual demuestra que el extracto es capaz de retrasar el crecimiento microbiano.

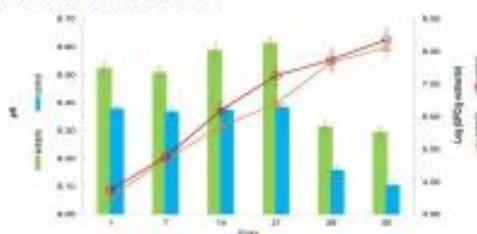


Figura. 2 Comportamiento del pH y cuenta total de mesófilos aerobios en salchichas con EEC y el control

Conclusiones. El extracto de chapulín puede ser incorporado como aditivo en la formulación de productos cárnicos, ya que proporciona color y permite la disminución de la cuenta de mesófilos aerobios, además retrasa la oxidación lipídica del producto. Por lo que se deben seguir realizando pruebas para poder realizar combinaciones con otros aditivos naturales y obtener algún efecto sinérgico.

Bibliografía.

- Hayes, J. E., Stepanyan, V., Allen, P., O'Grady, M. N. y Kerry, J. P. (2010). *LWT-Food science and technology*, 44, 164-172.
- Mendoza, D., Salgado, M. y Durán, L. (2013). *Revista Cubana de Investigaciones Biomédicas*, 32(4), 402-410.
- Caklerón, M., Escalona, H., Medina, O., Pedraza, J., Pedraza, R., Ponce, E. (2016). *LWT - Food Science and Technology*, 65, 46-52.
- Gelabert, J., Gou, L., Guerrero, L., Armas, J. (2003). *Meat Science*, 65, 833-839.

----- Forwarded Message -----

From: Sociedad Mexicana de Biotecnología y Bioingeniería <contacto@smbb.mx>
To: acym@xanum.uam.mx
Sent: Wed, 18 Aug 2021 17:54:29 +0000
Subject: Aceptación trabajo libre XIX Congreso Nacional de Biotecnología y Bioingeniería

Estimados:

* Berenice Cuaxospa-Xolalpa
* Héctor B. Escalona-Buendía
* Yenizey Merit Álvarez-Cisneros

El Comité Científico del XIX Congreso Nacional de Biotecnología y Bioingeniería se complace en informarle que su resumen titulado: EVALUACIÓN DE LA ACEPTABILIDAD SENSORIAL DE SALCHICHAS ELABORADAS CON EXTRACTO DE CHAPULÍN (SPHENARIUM PURPURASCENS) COMO ANTIOXIDANTE

Fue aceptado para su presentación en el área IV. Biotecnología alimentaria.

Las instrucciones detalladas para la presentación de su trabajo puede encontrarlas en el archivo anexo y serán publicadas en la página de la SMBB a partir del 30 de junio de 2021.

* Se le recuerda que para que su resumen sea incluido en las memorias del XIX Congreso Nacional, alguno de los autores deberá de cubrir su cuota de inscripción: Pagos SMBB

* La cuota de inscripción de un participante avala la presentación DE DOS TRABAJOS LIBRES.

* Lo invitamos a registrar su asistencia al XIX Congreso Nacional a través del siguiente sitio: Registrarme

Descargar instrucciones para presentación de trabajos

Por el Comité Científico del XIX Congreso Nacional,

Dra. Romina Rodríguez
Presidenta del Comité Científico

Dr. Jaime Ortega López
Presidente del Comité Organizador XIX Congreso Nacional

----- End of Forwarded Message -----



XIX Congreso Nacional de Biotecnología y Bioingeniería



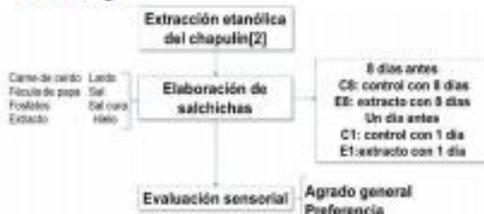
EVALUACIÓN DE LA ACEPTABILIDAD SENSORIAL DE SALCHICHAS ELABORADAS CON EXTRACTO DE CHAPULÍN (*SPHENARIUM PURPURASCENS*) COMO ANTIOXIDANTE

Berenice Cuaxospa-Xolalpa, Héctor B. Escalona-Buendía, Yenizey Merit Álvarez-Cisneros*
Departamento de Biotecnología, DCBS, Universidad Autónoma Metropolitana – Iztapalapa, San Rafael Atlixco #186
Colonia Vicentina, CP 09340, Ciudad de México, México, *acym@xanum.uam.mx

Palabras clave: chapulín, escala hedónica, salchichas.

Introducción. La utilización de antioxidantes naturales en la industria alimentaria ha ido en aumento, como ejemplo se tiene extracto en polvo de té verde y de romero los cuales tienen una aceptabilidad positiva por un panel de jueces, reduciendo la oxidación lipídica y proteica de salchichas de cerdo [1]. En el presente estudio se evaluó el efecto en las propiedades sensoriales de salchichas elaboradas con un extracto antioxidante de chapulín.

Metodología



Resultados. En la evaluación participaron 95 personas de entre 11 y 55 años de los cuales 61% corresponden a mujeres y el 39% a hombres. De las cuales, el 31% consumen salchichas de 2 a 3 veces por semana mientras que el 69% consumen salchichas una vez al mes. Primordialmente el 54% de los consumidores conocen salchichas de carne de pavo, el 37% de carne de cerdo y el 9% de carne de res. En la figura 1 se muestran las frecuencias de agrado general de los diferentes tratamientos. Los tratamientos E1 y C1 no muestran diferencia significativa ($p < 0.05$) y tienen la misma aceptabilidad de "me gusta poco", con una media de agrado de 4.46 y 4.40, respectivamente. Pero si son significativamente diferentes a C8. Por otra parte, ambas formulaciones disminuyen su aceptabilidad en el transcurso del tiempo con una media de agrado de 3.64, para C8 y 3.91 para E8 que representan "ni me gusta ni me disgusta". Con base en estos resultados los porcentajes de aceptabilidad son: E1 con 51.58%, C1 con 50.53%, E8 con 37.89% y C8 con 32.63%. Con estos resultados se puede inferir que el extracto de chapulín no fue percibido por los consumidores, y después de 8 días de almacenamiento tiene mejor aceptación que el control. En la figura 2 se identificaron 4 grupos de consumidores mediante la aplicación de la Clasificación Ascendente Jerárquica para los datos de aceptación general.

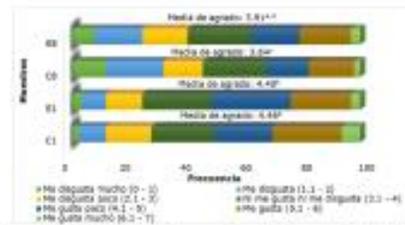


Figura 1. Distribución de frecuencias de la escala hedónica en las salchichas evaluadas. Las letras diferentes en superíndice representan diferencia significativa ($p < 0.05$).

El primer grupo se conformó con 24 consumidores, el segundo con 20, el tercero con 29 y por último el cuarto con 22. En el mapa de preferencia se puede observar como el grupo 2 y 3 prefieren la salchicha fresca con extracto, y el grupo 4 la salchicha sin extracto, mientras que el grupo 1 prefiere más la salchicha control con 8 días de preparación. Por otra parte los atributos que describen a la salchicha con extracto de acuerdo a los consumidores son sabor y olor característico a herbal, a pesar de que no se incorporaron especias.

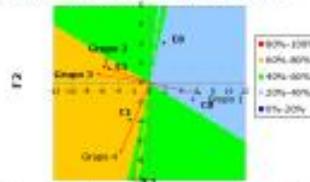


Figura 2. Mapa de preferencia y diagrama de control entre las muestras y las agrupaciones de los consumidores.

Conclusiones. Las salchichas elaboradas con el extracto de chapulín tienen la misma aceptabilidad que el control, y atributos a especias, sin embargo no se observó una buena aceptación con el tiempo de almacenamiento, lo que puede indicar que las notas de sabor por oxidación siguen presentes aunque en menor proporción. Se recomienda reformular la salchicha con extracto para mejorar el agrado de los consumidores.

Bibliografía.

1. Jongberg, S., Tomngren, M. A., Gurvig, A., Skirnbsted, L. H. y Lund, M. N. (2013). *Meat Science*, 93, 538-546.
2. Mendoza, D., Salgado, M. y Durant, L. (2013). *Revista Cubana de Investigaciones Biomédicas*, 32(4), 402-410.