



UNIVERSIDAD JUÁREZ AUTÓNOMA DE TABASCO



DIVISIÓN ACADÉMICA DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

**CONSERVACIÓN DE EMBUTIDO TIPO CHORIZO ELABORADO CON
CARNE DE CORDERO, ENRIQUECIDO CON EXTRACTO DE PIMIENTA
(*Pimenta dioica* L.)**

TESIS PARA OBTENER EL GRADO DE:
MAESTRA EN CIENCIAS AGROALIMENTARIAS

PRESENTA:

I.A. ANA LIDIA SÁNCHEZ CERINO

BAJO LA DIRECCIÓN DE:

DRA. ANGÉLICA ALEJANDRA OCHOA FLORES

EN CODIRECCIÓN:

DR. ALFONSO JUVENTINO CHAY CANUL

VILLAHERMOSA, TABASCO, ABRIL DE 2024.

Declaración de Autoría y Originalidad

En la ciudad de Villahermosa, Tabasco, el día 27 del mes de marzo del año 2024, la que suscribe I.A. Ana Lidia Sánchez Cerino alumna del Programa de Maestría en Ciencias Agroalimentarias con número de matrícula 212C26004, adscrita a la División Académica de Ciencias Agroalimentarias, de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, como autora de la Tesis presentada para la obtención del grado de Maestra en Ciencias Agroalimentarias y titulada: Conservación de embutido tipo chorizo elaborado con carne de cordero, enriquecido con extracto de pimienta (*Pimenta dioica* L.), dirigida por la Dra. Angélica Alejandra Ochoa Flores en codirección con el Dr. Alfonso Juventino Chay Canul.

DECLARO QUE:

La Tesis es una obra original que no infringe los derechos de propiedad intelectual ni los derechos de propiedad industrial u otros, de acuerdo con el ordenamiento jurídico vigente, en particular, la LEY FEDERAL DEL DERECHO DE AUTOR (Decreto por el que se reforman y adicionan diversas disposiciones de la Ley Federal del Derecho de Autor del 01 de Julio de 2020 regularizando, aclarando y armonizando las disposiciones legales vigentes sobre la materia), en particular, las disposiciones referidas al derecho de cita.

Del mismo modo, asumo frente a la Universidad cualquier responsabilidad que pudiera derivarse de la autoría o falta de originalidad o contenido de la Tesis presentada de conformidad con el ordenamiento jurídico vigente

Villahermosa, Tabasco a 27 de marzo del 2024.

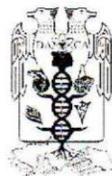


I.A. Ana Lidia Sánchez Cerino



**UNIVERSIDAD JUÁREZ
AUTÓNOMA DE TABASCO**

“ESTUDIO EN LA DUDA. ACCIÓN EN LA FE”



**Jefatura de
Posgrado**



**2024
Felipe Carrillo
PUERTO**
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN
MEXICO

Villahermosa, Tabasco a 19 de marzo de 2024

Of. No. 123 /JP/2024

Asunto: Autorización de impresión de Tesis

MATRÍCULA 212C26004

**MTRA. MARIBEL VALENCIA THOMPSON
JEFE DEL DEPTO. DE CERTIFICACIÓN
Y TITULACIÓN DE LA U. J. A. T.
P R E S E N T E**

En conformidad con lo establecido en el Artículo 77 fracción III del Reglamento de Titulación de la U. J. A. T., me permito comunicar a Usted que la **Dra. Angélica Alejandra Ochoa Flores (Directora)** y el **Dr. Alfonso Juventino Chay Canul (Codirector)**, dirigieron y supervisaron el Trabajo Recepcional de Tesis denominada “**Conservación de embutido tipo chorizo elaborado con carne de cordero, enriquecido con extracto de pimienta (*Pimenta dioica* L.)**”, elaborado por la **C. Ana Lidia Sánchez Cerino** egresada de la **Maestría en Ciencias Agroalimentarias**. El jurado para el examen profesional conformado por el **Dr. Pedro García Alamilla, Dr. Víctor Manuel Moo Huchim, Dra. Angélica Alejandra Ochoa Flores, Dr. Armando Gómez Vázquez** y la **Dra. Laura Mercedes Lagunes Gálvez**, revisaron y señalaron las modificaciones pertinentes al trabajo recepcional y que al interesado ha llevado a efecto. Por lo tanto, el trabajo recepcional Tesis de Investigación puede **imprimirse**.

Sin otro particular, aprovecho la ocasión para enviarle un afectuoso saludo.

ATENTAMENTE


M. V. Z. JORGE ALFREDO THOMAS TÉLLEZ
DIRECTOR



c.c.p. M. C. Irma Gallegos Morales – Coordinadora de Investigación y Posgrado de la DACA
Dra. Magally Guadalupe Sánchez Domínguez – Jefa de Posgrado de la DACA
Dr. Aldenamar Cruz Hernández – Coordinador del Programa Maestría en Ciencias Agroalimentarias
Dra. Angélica Alejandra Ochoa Flores– Directora de Tesis.
Interesado.
MGSD'aemh

Km 25, Carretera Villahermosa-Teapa
Ra. La Huasteca, 2ª sección, 86298, Centro, Tabasco, México
Teléfono 993 358 1500 EXT 6607
Correo electrónico: posgrado.daca@ujat.mx

www.ujat.mx

CARTA CESIÓN DE DERECHOS

Villahermosa, Tabasco a 25 de marzo del 2024.

Por medio de la presente manifestamos haber colaborado como AUTORA y/o AUTORES(RAS) en la producción, creación y/o realización de la obra denominada “Conservación de embutido tipo chorizo elaborado con carne de cordero, enriquecido con extracto de pimienta (*Pimenta dioica* L.)”

Con fundamento en el artículo 83 de la Ley Federal del Derecho de Autor y toda vez que, la creación y/o realización de la obra antes mencionada se realizó bajo la comisión de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco; entendemos y aceptamos el alcance del artículo en mención, de que tenemos el derecho al reconocimiento como autores de la obra, y la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco mantendrá en un 100% la titularidad de los derechos patrimoniales por un período de 20 años sobre la obra en la que colaboramos, por lo anterior, cedemos el derecho patrimonial exclusivo en favor de la Universidad.

COLABORADORES



Ing. Ana Lidia Sánchez Cerino

EGRESADA



Dra. Angélica Alejandra Ochoa Flores

DIRECTORA



Dr. Alfonso Juventino Chay Canul

CODIRECTOR

TESTIGOS



Lic. Andrea Cabrera Manzano



Ing. Sharon Camarillo Peña

DEDICATORIA

Para alcanzar un grado académico, el sacrificio y la constancia no son solo atributos personales, sino un reflejo del apoyo incondicional y la inspiración que he recibido de ustedes:

A mi querida madre, Adriana Cerino Ramón.

A pesar de no estar físicamente presente, su influencia ha sido el motor que me ha impulsado a alcanzar este grado académico. Su amor incondicional y sacrificio han sido los cimientos sobre los cuales he construido mi camino educativo.

A mi querido padre, Eliceo Sánchez Gómez.

Por su inquebrantable fe que ha puesto en mí, su amor y comprensión.

A la Dra. Angélica Alejandra Ochoa Flores y al Dr. Josafat Alberto Hernández Becerra.

Con profundo agradecimiento, dedico este trabajo a ustedes, cuya guía experta y dedicación han sido fundamentales en mi formación académica. Sus enseñanzas han dejado una huella imborrable en mi camino hacia el conocimiento.

AGRADECIMIENTOS

A DIOS:

Por la vida, salud, sabiduría e inteligencia para alcanzar este grado académico que parecía inalcanzable.

Al Consejo Nacional de Humanidades Ciencia y Tecnología (CONAHCYT) por el financiamiento otorgado durante los estudios de Maestría en Ciencias Agroalimentarias.

A la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco (UJAT) por ser la institución formadora del posgrado, dándome la oportunidad de volver hacer parte de ella, en especial a la División Académica de Ciencias Agropecuarias.

A la Dra. Angélica Alejandra Ochoa Flores. Quiero expresar mi más sincero agradecimiento por haber aceptado fungir como Directora de esta tesis. La oportunidad de volver a trabajar junto a usted ha sido invaluable, y gracias a su paciencia, dedicación y su excepcional forma de enseñar, he logrado culminar esta tesis con éxito.

A la Universidad Tecnológica de Tabasco (UTTAB), en especial al Dr. Josafat Alberto Hernández Becerra, por su paciencia, dedicación y haber permitido la realización de diversas actividades relacionadas con el proyecto de investigación.

A Sharon Camarillo Peña. Quiero expresar mi más sincero agradecimiento por dedicar su tiempo, paciencia y esfuerzo humano en los análisis de esta tesis. Además, sus momentos de compañerismo en el laboratorio fueron gratos y reconfortantes, haciendo más llevadera la carga de esta laboriosa tarea.

¡¡GRACIAS!!

ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	ix
ÍNDICE DE FIGURAS	x
RESUMEN	xi
ABSTRACT	xii
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	3
III. JUSTIFICACIÓN.....	4
IV. OBJETIVOS.....	5
4.1. Objetivo general.....	5
4.2. Objetivos específicos.....	5
4.3. Hipótesis.....	5
V. MARCO TEÓRICO.....	6
5.1. Concepto y clasificación de los productos embutidos.....	6
5.2. Embutido tipo chorizo.....	7
5.3. Generalidades del uso de aditivos como conservadores en la industria de productos cárnicos.....	9
5.4. Extractos de hojas de plantas para conservar la calidad de los productos cárnicos.....	13
5.5. Aprovechamiento de los residuos agroindustriales como fuente de extractos naturales.....	15
5.6. Actividad antioxidante y antimicrobiana de los extractos naturales.....	16
5.7. Evaluación sensorial.....	17
VI. MATERIALES Y MÉTODOS.....	22
6.1. Ubicación del sitio experimental.....	22
6.2. Materiales.....	22
6.3. Métodos.....	23
6.3.1. Acondicionamiento de hojas pimienta.....	23
6.3.2. Obtención de los extractos de pimienta.....	23
6.3.3. Determinación del rendimiento de los extractos.....	24
6.3.4. Caracterización del contenido total de fenoles de los extractos.....	24
6.3.5. Actividad antioxidante de los extractos, evaluada por el método de DPPH.....	25
6.3.6. Actividad Antimicrobiana de los extractos.....	25
Cepas bacterianas.....	25
Reactivación de cepas bacterianas.....	25
Técnica de Difusión en disco o agar.....	26

	Concentración mínima inhibitoria (CMI) y concentración mínima bactericida (CMB)	27
	6.3.7. Formulación del embutido tipo chorizo.....	28
	6.3.8. Determinación de la concentración del extracto en el embutido Tipo chorizo	29
	Análisis bromatológicos del embutido tipo chorizo	31
	Efecto antioxidante del extracto en el embutido tipo chorizo	31
	Efecto antimicrobiano del extracto en el embutido tipo chorizo.....	32
VII.	DISEÑO EXPERIMENTAL Y ANÁLISIS ESTADÍSTICO	33
	7.1. Para la obtención de los extractos de <i>Pimenta dioica</i>	33
	7.2. Para la obtención de la formulación del embutido tipo chorizo	34
	7.3. Para la obtención de la cantidad de extracto de hoja de pimienta a utilizar en el chorizo	34
	7.4. Para evaluar el efecto antimicrobiano y antioxidante <i>in-vitro</i> del extracto de hoja de pimienta	34
VIII.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	36
	8.1. Obtención y caracterización de los extractos de <i>Pimenta dioica</i> L.....	36
	8.2. Actividad antioxidante y antimicrobiana de los extractos.....	38
	8.2.1. Actividad antioxidante.....	38
	8.2.2. Actividad antimicrobiana	39
	8.3. Formulación del embutido tipo chorizo.....	41
	8.4. Determinar la concentración del extracto en el embutido	42
	8.5. Análisis bromatológicos de los embutidos.....	46
	8.6. Efecto antioxidante del extracto en el embutido tipo chorizo	49
	8.7. Efecto antimicrobiano del extracto en el embutido tipo chorizo.....	51
	CONCLUSIONES.....	54
	PERSPECTIVAS	55
	BIBLIOGRAFÍA.....	56
	ANEXOS.....	69

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Composición nutricional, aminoácidos, ácidos grasos, vitaminas y minerales, por cada 100 g, para los principales tipos de carnes utilizadas en la elaboración de chorizo	8
Tabla 2. Aditivos utilizados en la industria de productos cárnicos	10
Tabla 3. Efecto antimicrobiano de extractos obtenidos de diferentes plantas.....	14
Tabla 4. Atributos percibidos y sentidos utilizados en la evaluación sensorial	18
Tabla 5. Formulaciones experimentales de los embutidos.....	28
Tabla 6. Rendimiento y contenido total de fenoles en los extractos de hojas y frutos.....	36
Tabla 7. Capacidad antioxidante evaluada por el método de DPPH para los extractos de hojas y frutos de <i>P. dioica</i>	39
Tabla 8. Concentración mínima inhibitoria de extractos de hojas y frutos de pimienta, a las concentraciones de 10 y 70 mg/mL, en bacterias gram positivas y gram negativas	40
Tabla 9. Calificaciones sensoriales obtenidas para cada una de las formulaciones evaluadas del embutido tipo chorizo	42
Tabla 10. Composición química básica de muestras de chorizo con extractos de Pimienta dioica durante los días de almacenamiento	47

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Productos embutidos	6
Figura 2. Esquema de las pruebas utilizadas en la evaluación sensorial.....	20
Figura 3. Esquema de la distribución de los discos de papel impregnados con extractos en diferentes concentraciones.....	26
Figura 4. Esquema de la distribución de los extractos en la placa estéril.....	27
Figura 5. Esquema general de los análisis microbiológicos.....	33
Figura 6. Actividad antimicrobiana de los extractos acuosos de hojas (H1 y H2) y frutos (F1 y F2) contra bacterias patógenas.....	40
Figura 7. Histogramas de frecuencia de las respuestas aportadas por los 110 jueces no entrenados para el nivel de agrado en cada uno de los atributos sensoriales considerados, para cada una de las formulaciones evaluadas. (a) Tratamiento testigo, sin la adición de extracto, (b) embutido elaborado con 1000 ppm de extracto acuoso de hoja de pimienta, (c) embutido elaborado con 3000 ppm de extracto y (d) producto elaborado con 5000 ppm de extracto.	44
Figura 8. Efecto de la oxidación de lípidos sobre el deterioro en los embutidos durante el tiempo de almacenamiento.....	49
Figura 9. Efecto del tiempo de almacenamiento para todos los tratamientos sobre la oxidación de los lípidos evaluados como TBARS.....	50
Figura 10. Efecto de los diferentes tratamientos evaluados sobre la oxidación de los lípidos evaluados como TBARS en donde A= muestra de chorizo con aditivos comerciales; 1000 ppm = muestra de chorizo con 1000 ppm de extracto de hoja; 5000 ppm = muestra de chorizo con 5000 ppm de extracto de hoja; Tes = muestra de chorizo si extracto ni aditivos comerciales	51
Figura 11. Evolución de UFC/g para mesófilos aerobios en los embutidos	52
Figura 12. Evolución de UFC/g para hongos en los embutidos.....	53

RESUMEN

El crecimiento microbiano y la oxidación lipídica son las principales causas del deterioro de la carne y los productos cárnicos; para su control se emplean antimicrobianos y antioxidantes sintéticos, pero los consumidores demandan cada vez más el uso de aditivos naturales. El objetivo del trabajo fue determinar la conservación de un embutido tipo chorizo elaborado con carne de cordero, enriquecido con extracto de *Pimenta dioica* L. Para ello, se obtuvieron extractos acuosos y etanólicos de hojas y frutos de pimienta, a los que se evaluó su contenido de fenoles totales, actividad antioxidante y antimicrobiana. Por otra parte, se formularon diez embutidos con carne (C) y grasa (G), de cerdo (ce) o cordero (co), que se sometieron a los procesos de ahumado (A) o madurado (M): CcoA, CcoGceA, CcoGcoA, CceGcoA, CceGceA, CcoM, CcoGceM, CcoGcoM, CceGcoM y CceGceM, y se evaluó su aceptación sensorial por medio de una escala hedónica de 9 puntos. En una siguiente fase, se elaboraron embutidos con la formulación CcoGcoA, adicionados con 0, 1000, 3000 y 5000 ppm del extracto acuoso de hojas de pimienta, para determinar también su aceptación sensorial. Finalmente, se elaboraron embutidos con CcoGcoA, con la adición de 0, 1000 y 5000 ppm del extracto acuoso de hojas de pimienta, y uno más con aditivos comerciales; a los que se realizaron análisis bromatológicos, microbiológicos y de oxidación lipídica, durante su almacenamiento. Los resultados indicaron un mayor contenido de compuestos fenólicos y una mayor actividad antimicrobiana en los extractos acuosos de las hojas de pimienta, en comparación con los del fruto ($p < 0.05$) y, de las formulaciones del embutido, los productos ahumados y preparados con grasa de cordero presentaron la mayor aceptación; mientras que aquellos adicionados con 1000 ppm del extracto acuoso de hojas de pimienta, presentaron la misma aceptación que los elaborados sin el extracto. En el análisis proximal, no se observaron diferencias significativas en el contenido de humedad ($p < 0.05$) de los embutidos elaborados con el extracto y los elaborados sin éste, o con los aditivos comerciales; pero sí en el contenido de cenizas, proteína y grasa. Los embutidos elaborados con 1000 ppm del extracto y con los aditivos comerciales, presentaron la misma capacidad para reducir la oxidación lipídica, mayor que la mostrada por el tratamiento sin el extracto y sin aditivos, pero menor que la del embutido adicionado con 5000 ppm de extracto, que presentó la menor oxidación lipídica durante todo el tiempo de almacenamiento; este mismo comportamiento se observó al evaluar la cuenta de bacterias mesofílicas aerobias; por lo que se concluye que el extracto acuoso de hojas de *Pimenta dioica* L. puede ser utilizado en la conservación de los embutidos de carne de cordero, con la misma eficacia o mayor que los aditivos comerciales, en función de la concentración utilizada.

Palabras clave: Antimicrobiano, Antioxidante, Embutido, Chorizo, *Pimenta dioica* L.

ABSTRACT

Microbial growth and lipid oxidation are the main causes of meat and meat products deterioration; to control them, synthetic antimicrobials and antioxidants are employed, but consumers increasingly demand the use of natural additives. The objective of this study was to determine the preservation of a chorizo-type sausage made with lamb meat, enriched with extract of *Pimenta dioica* L. To achieve this, aqueous and ethanolic extracts of pepper leaves and fruits were obtained, and their total phenolic content, antioxidant, and antimicrobial activity were evaluated. Additionally, ten sausages were formulated with meat (M) and fat (F), from pork (p) or lamb (l), subjected to smoking (S) or curing (C): MIS, MIFpS, MIFIS, MpFIS, MpFpS, MIC, MIFpC, MIFIC, MpFIC, and MpFpC, and their sensory acceptance was evaluated using a 9-point hedonic scale. In a subsequent phase, sausages were prepared with the MIFIS formulation, supplemented with 0, 1000, 3000, and 5000 ppm of aqueous pepper leaf extract, also to determine their sensory acceptance. Finally, sausages were made with MIFIS formulation, with the addition of 0, 1000, and 5000 ppm of aqueous pepper leaf extract, and one more with commercial additives; which underwent proximate, microbiological, and lipid oxidation analysis during storage. Results showed a higher content of phenolic compounds and greater antimicrobial activity in the aqueous extracts of pepper leaves compared to those of the fruit ($p < 0.05$). Among the sausage formulations, smoked products prepared with lamb fat showed the highest acceptance, while those supplemented with 1000 ppm of aqueous pepper leaf extract showed the same acceptance as those made without the extract. In the proximate analysis, no significant differences were observed in moisture content ($p < 0.05$) of sausages made with or without the extract, or with commercial additives; but there were differences in ash, protein, and fat content. Sausages made with 1000 ppm of extract and with commercial additives showed the same capacity to reduce lipid oxidation, greater than that shown by the treatment without the extract and additives, but lower than that of sausages added with 5000 ppm of extract, which showed the least lipid oxidation throughout storage. The same behavior was observed when evaluating the count of aerobic mesophilic bacteria; therefore, it is concluded that the aqueous extract of *Pimenta dioica* L. leaves can be used in the preservation of lamb meat sausages, with the same or greater efficacy than commercial additives, depending on the concentration used.

Keywords: Antimicrobial, Antioxidant, Sausage, Chorizo, *Pimenta dioica* L.

I. INTRODUCCIÓN

La industria cárnica ha elaborado con éxito un buen número de alimentos procesados a partir de la carne apta para consumo humano, como embutidos de aves, ovinos y porcinos, principalmente. Sin embargo, el consumo de productos embutidos como jamones, salchichas, y chorizos, no aporta un valor nutrimental deseable a la dieta humana, principalmente por su bajo contenido en proteínas y minerales, así como por su alto contenido en grasa y calorías, lo que repercute en el desarrollo de ciertas enfermedades como diabetes, hipertensión u obesidad, entre otras (Jiménez-Edeza et al., 2020; Leines-Medina et al., 2018).

Por lo anterior, ha surgido el interés de incorporar en la dieta productos cárnicos obtenidos de otras fuentes de animales aptos para consumo humano, una alternativa de ello es la carne de cordero (García et al., 2020). La carne de cordero es reconocida principalmente por su contenido de proteínas de alto valor biológico, debido a que contienen la totalidad de los aminoácidos esenciales que necesita el organismo (Quinchuela, 2016). En cuanto a su contenido en grasas, incluye numerosos ácidos grasos insaturados benéficos para el control de los niveles de colesterol en la sangre (Rojas, 2020). En lo que se refiere a su contenido en vitaminas y minerales, contiene vitaminas liposolubles A, D y E, así como vitaminas del complejo B, B12 y B6, además de minerales como el hierro, fósforo y zinc (Perez, 2018).

En México, la carne de cordero se consume principalmente en platillos típicos, como la “barbacoa” (Ayala, 2015; Bobadilla-Soto et al., 2021), por lo que una alternativa para su aprovechamiento sería su incorporación en un embutido tipo chorizo.

Los embutidos se definen como una mezcla de carne animal permitida para el consumo humano, adicionada de grasas comestibles, condimentos, especias y aditivos alimentarios, introducidos en tripas o fundas que pueden ser naturales o artificiales, sometidos a procesos tecnológicos como curado, cocción y ahumado; pero por su propia composición nutricional y propiedades físico-químicas, son alimentos muy perecederos, por lo que es necesario incorporar aditivos y conservadores para lograr prolongar su vida de anaquel (Lobos y Pavez, 2018).

La incorporación de aditivos sintéticos es una práctica común en la industria de los alimentos, por muchos años se han utilizado antimicrobianos y antioxidantes sintetizados

químicamente para el control del deterioro microbiano en productos cárnicos como embutidos (Aguilar et al., 2019; Begic et al., 2020). Sin embargo, el uso de estos compuestos químicos se ha restringido debido a sus efectos tóxicos, cancerígenos, de contaminación ambiental y otros efectos negativos en alimentos y humanos (Lopez et al., 2021), lo que ha traído como consecuencia serios problemas ambientales y sociales. A pesar de esto los aditivos son necesarios para mantener la producción de alimentos, por lo cual ha surgido la necesidad de buscar otras opciones (Figuroa y Lucio, 2018).

El hombre, a través del tiempo ha encontrado en los recursos naturales la solución a diferentes problemáticas, empleando las plantas a nivel alimenticio como especias (Evangelista-Martínez et al., 2018); ejemplo de estas son el chile, ajo, cúrcuma, jengibre, y pimienta, aún más recientemente los extractos crudos obtenidos de fuentes vegetales que aportan sustancias inhibidoras del crecimiento microbiano (Pérez et al., 2020). Por ejemplo, actualmente se ha estudiado el efecto antioxidante y antimicrobiano de los extractos de aceites esenciales provenientes de hojas y frutos de la pimienta Tabasco (*Pimenta dioica* L.), como un conservador natural agregado a la formulación de productos cárnicos de ovino y porcino, principalmente (Galindo, 2019; Sánchez-Zarate et al., 2020).

Sin embargo, a pesar de la información existente, aun cuando se ha demostrado que los extractos obtenidos de fuentes vegetales como las hojas de *Pimenta dioica* L. presentan actividad antimicrobiana y antioxidante, que pueden ser incorporados en la industria de alimentos como agentes antioxidantes, en México son considerados residuos agroindustriales (Sánchez-Zarate et al., 2020). Por lo antes expuesto, el objetivo de este estudio fue determinar la conservación de un embutido tipo chorizo preparado con carne de cordero, incorporando extractos de hojas de *P. dioica* L. Los resultados de esta investigación podrán ser benéficos para la industria de alimentos, en la elaboración de productos cárnicos nutritivos y seguros para el consumidor.

II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La conservación de productos cárnicos mediante el uso de aditivos sintéticos ha sido una práctica utilizada en la industria alimentaria, para contrarrestar el deterioro microbiano y oxidativo en productos como embutidos (Velázquez-Sámamo et al., 2019; Zambrano, 2022). Sin embargo, las restricciones impuestas a estos compuestos químicos se han fundamentado en sus efectos adversos, incluyendo hipersensibilidad, cancerígenos, contaminación ambiental y otros riesgos para la salud humana (Velázquez-Sámamo et al., 2019). A pesar de estas limitaciones, los aditivos siguen siendo esenciales para sostener la producción alimentaria, generando un interés creciente en la búsqueda de alternativas más saludables, como la incorporación de extractos naturales (Martinelli et al., 2017; Galindo, 2019).

En este contexto, surge la investigación sobre el potencial antioxidante y antimicrobiano de los extractos de aceites esenciales derivados de las hojas y frutos de la pimienta Tabasco (*Pimenta dioica* L.) como una alternativa de conservación natural en la elaboración de productos cárnicos, especialmente en los de origen ovino y porcino (Barros-Gomes et al., 2020; Sánchez-Zarate et al., 2020). Los componentes fenólicos presentes en la *Pimenta dioica* L., como el eugenol, metileugenol y beta cariofileno, han sido identificados como agentes con propiedades antioxidantes y antimicrobianas in vitro (Stewart et al., 2016; Achimón et al., 2021). Destaca la importancia de los fitoquímicos que poseen ambas propiedades, antioxidantes y antimicrobianas, mostrando su relevancia en la conservación de alimentos.

Aunque existen evidencias que respaldan la actividad antioxidante y antimicrobiana de la *P. dioica*, utilizada como conservador natural en la industria alimentaria, en México aún se consideran como residuos agroindustriales. Esta percepción contrasta con la información internacional que sugiere su potencial aplicación como agentes antioxidantes en la industria alimentaria. Esta discrepancia plantea la necesidad de investigar más a fondo la viabilidad y beneficios de integrar la *P. dioica* en los procesos de conservación alimentaria en nuestro país.

III. JUSTIFICACIÓN

A pesar de la necesidad de preservar la calidad y seguridad de los productos cárnicos, el uso extendido de aditivos químicos ha creado preocupaciones sobre posibles efectos adversos para la salud de los consumidores y el medio ambiente (Aleu et al., 2018; Sánchez, 2019). Diversos estudios (Figuroa y Lucio, 2018; López et al., 2021; OMS, 2015) han demostrado que los compuestos químicos utilizados comúnmente, como nitritos, nitratos, eritorbato de sodio, sorbato de potasio, entre otros, pueden tener efectos tóxicos y cancerígenos cuando se utilizan en concentraciones superiores a las dosis máximas recomendadas por organismos reguladores como el Codex Alimentarius y la Organización Mundial de la Salud (OMS).

En este contexto, es importante buscar alternativas naturales y seguras para la conservación de productos cárnicos. Los extractos obtenidos de hojas de *P. dioica* han surgido como una opción prometedora debido a sus propiedades antimicrobianas y antioxidantes bien documentadas en la literatura científica (Stewart et al., 2016; Achimón et al., 2021; Galindo, 2019; Sánchez-Zarate et al., 2020). Estos extractos ofrecen una forma natural y efectiva de prolongar la vida útil de los productos cárnicos, sin comprometer la seguridad alimentaria ni la calidad del producto final.

Además, el uso de extractos de hojas de *P. dioica* se alinea con la creciente demanda de los consumidores por alimentos naturales y saludables, ofreciendo una alternativa a los aditivos químicos sintéticos (Pérez et al., 2020). Al informar a los consumidores sobre la disponibilidad y eficacia de estos extractos naturales, se puede fomentar una mayor aceptación de prácticas de conservación más sostenibles y saludables en la industria alimentaria (Martinelli et al., 2017).

Por lo tanto, se propone la incorporación de extractos de *P. dioica* en la conservación de embutidos como el chorizo elaborado con carne de cordero, lo que no solo ofrece beneficios en términos de seguridad alimentaria y calidad del producto, sino que también contribuye a la promoción de prácticas más sostenibles y saludables en la industria cárnica.

IV. OBJETIVOS

4.1. Objetivo general

Determinar la conservación de un embutido tipo chorizo elaborado con carne de cordero, adicionado con extracto de *Pimenta dioica* L.

4.2. Objetivos específicos

- Evaluar la actividad antioxidante y antimicrobiana de extractos acuosos y etanólicos de hojas y frutos de *Pimenta dioica* L.
- Establecer la formulación del embutido tipo chorizo elaborado con carne de cordero.
- Determinar el tipo de extracto de *Pimenta dioica* L. y la cantidad a adicionar al embutido tipo chorizo elaborado con carne de cordero.
- Evaluar el efecto antioxidante y antimicrobiano del extracto de *Pimenta dioica* L. en la conservación del embutido tipo chorizo elaborado con carne de cordero.

4.3. Hipótesis

El extracto de *Pimenta dioica* L. muestra un efecto antioxidante y antimicrobiano en el embutido tipo chorizo elaborado con carne de cordero, sin alterar su composición química proximal, prolongando su vida útil.

V. MARCO TEÓRICO

5.1. Concepto y clasificación de los productos embutidos

Los embutidos son productos derivados cárnicos preparados a partir de carne apta para consumo humano, picada, troceada o molida (Figura 1), adicionados de grasas, condimentos, especias y aditivos, incorporados en tripa natural o artificial y sometidos a procesos de cocción, curado o fermentado (Calderón & Giler, 2019; Galindo, 2019).



Figura 1. Productos embutidos

Dependiendo de los ingredientes utilizados y el proceso de obtención, la FAO (2019), clasifica a los embutidos de la siguiente manera:

Embutidos curados. Productos elaborados de la parte del músculo, sometidos a procesos de maduración o secado, en los cuales se aplican concentraciones de sal por vía seca, por inyección o por inmersión de la carne en soluciones salinas; estos pueden ser carnes curadas crudas, sometidos a fermentación, maduración, secado y curación, sin tratamiento térmico (por ejemplo, Jamón serrano o Parma) y carnes curadas cocidas sometidos a tratamiento térmico después del proceso de curación (por ejemplo, Jamón tipo virginia o York).

Embutidos crudos-cocidos. Proceso en el cual la carne obtenida de la parte del músculo, grasa y especias son mezcladas (triturado o picado), para obtener una pasta viscosa, sometida a tratamiento térmico, en el cual, ocurre la coagulación de las proteínas para obtener

una textura firme y elástica, incorporadas en fundas o tripas, son sometidos a cocción o ahumado, por ejemplo, mortadelas, salchichas tipo Frankfurt o Viena, y jamón cocido (Chambi & Quiroz, 2017).

Embutidos crudos-fermentados. Estos productos se obtienen a partir de la carne magra y tejidos adiposos, los cuales son mezclados con sal de curado, azúcares, especias y otros ingredientes no cárnicos para ser introducidos en tripas sintéticas o naturales sometidos a tratamiento térmico (cocción o ahumado). Su sabor, textura y color característicos se deben a la fermentación unida a la reducción de la humedad, ejemplo de estos son salchichas tipo salami y chorizo (Valdez, 2020).

5.2. Embutido tipo chorizo

De acuerdo con la NOM-213-SSA1-2018, el chorizo es el producto cárnico crudo que requiere un tratamiento térmico para su consumo. Es elaborado a partir de una mezcla de carne magra y grasa (principalmente de cerdo), condimentos, especias y, adicionado con sales como nitritos y nitratos u otros aditivos químicos permitidos para su conservación, posterior a deshidratación parcial por ahumado o secado (Becerril *et al.*, 2019). Este producto es ampliamente elaborado, pues su obtención artesanal no requiere de grandes equipos y, a nivel industrial, por los volúmenes de producción, se requiere de algunos equipos como un molino para carne, una mezcladora, la embutidora y el ahumador (Quinchuela, 2016; Restrepo & Tobon, 2016). Pero para obtener un producto de buena calidad, es necesario asegurar la calidad de los ingredientes utilizados, incluida la carne, principal materia prima para la elaboración del chorizo.

En la Tabla 1 se aprecian los principales tipos de carnes rojas (res, cerdo y cordero) utilizadas en la elaboración de productos cárnicos, siendo su composición general, muy similar (Hamill & Botineştean, 2016). La carne de cordero puede ser considerada como una alternativa en la elaboración de productos cárnicos como el chorizo, principalmente por su contenido en proteínas de alto valor biológico, debido a que contienen la totalidad de los aminoácidos esenciales que necesita el organismo (Quinchuela, 2016; Cozar, 2018; Patiño-Ochoa, 2020). En cuanto a su contenido en grasas, presenta ácidos grasos poliinsaturados y saturados, que son benéficos para controlar los niveles de colesterol en la sangre (Cruz-Bacab *et al.*, 2018; Rojas, 2020). En lo que se refiere a su contenido en vitaminas y minerales,

contiene vitaminas liposolubles A, D y E, así como vitaminas del grupo B12 y B6, y minerales como el hierro, fósforo y zinc (Velasco et al., 2014; Pérez, 2018; Zarate, 2019).

En países como España, la mayor fuente de proteínas, materia grasa y minerales consumidos proviene de la carne y leche de cordero (Ayuso, 2020). Mientras que en México, el consumo de la carne de cordero se debe básicamente a su consumo en platillos típicos como la “barbacoa” (Ayala, 2015; Bobadilla-Soto *et al.*, 2021). Debido a la edad en que estos animales son sacrificados, su carne es muy suave, lo que permitiría su incorporación en un embutido tipo chorizo; incrementando de esta manera el valor de la canal y el aprovechamiento de sus beneficios nutricionales. Los principales cortes empleados en la elaboración de productos embutidos son la pierna, el lomo, brazo y paleta (Patiño-Ochoa, 2020); aunque autores como Jiménez (2016), indican que cualquier tipo de corte es adecuado para elaborar embutidos, al ser estos una mezcla de carne con otros ingredientes no cárnicos y grasa, sometidos al proceso de curado.

Tabla 1. Composición nutricional, aminoácidos, ácidos grasos, vitaminas y minerales, por cada 100 g, para los principales tipos de carnes utilizadas en la elaboración de chorizo

Parametro	Cerdo	Res	Cordero	Referencias
Humedad (g)	70.39	73.1	72.9	
Proteína (g)	21.9	23.2	21.9	
Grasa (g)	6.9	2.8	4.7	(Solís, 2005) (Quínchela, 2016)
Aminoácidos				(Hamill & Botineştean, 2016) (Zarate, 2019)
Lisina (%)	7.8	8.4	7.6	
Metionina (%)	2.5	2.3	2.3	
Triptófano (%)	1.4	1.1	1.3	
Valina (%)	5.0	5.7	5.0	
Histidina (%)	3.2	2.9	2.7	
Arginina (%)	6.4	6.6	6.9	
Vitaminas y Minerales				
Hierro (mg)	0.63	1.8	2.0	
Fósforo (mg)	209	215	194	
Vitamina B12 (µg)	0.53	2.5	0.96	
Ácidos grasos				
Ácido oleico (mg)	759	1395	1625	
Ácido linoleico (mg)	302	89	125	
Ácido docosahexaenoico (mg)	8.33	1.63	7.2	

5.3. Generalidades del uso de aditivos como conservadores en la industria de productos cárnicos

El *Codex Alimentarius* define a los aditivos como sustancias añadidas intencionadamente a un producto, con o sin valor nutritivo, cuyo resultado se refleja en sus características organolépticas, que de acuerdo a la función que cumplen, pueden ser: conservantes, colorantes, antioxidantes, emulgentes, espesantes, gelificantes, estabilizadores, exaltadores de sabor, acidificantes, correctores de acidez, almidones modificados, antiEspumantes, agentes de revestimiento, sales de fusión, aromatizantes, exaltadores de aromas, entre otros (Figueroa & Lucio, 2018).

La industria de productos cárnicos ha usado con mucho éxito sustancias conservadoras de origen químico como se muestran en la Tabla 2. Sin embargo, el uso de estos compuestos químicos se ha restringido debido a sus efectos tóxicos, cancerígenos y otros efectos negativos en alimentos y humanos (López *et al.*, 2021). Por ejemplo, durante la cocción o la fritura de los alimentos, las proteínas liberan aminoácidos y algunas aminos secundarias que, al estar en presencia de grupos hemo reaccionan con los nitritos, aditivos sintéticos, y producen compuestos N-nitrosos como las nitrosaminas, compuestos con actividad tumoral y cancerígena; que durante el proceso de la digestión se tornan difíciles de eliminar, por lo que se acumulan en el organismo (Cali, 2015; Calderón & Giler, 2019). Además, estos compuestos químicos han traído como consecuencia serios problemas ambientales y sociales. Los problemas ambientales pueden tener un impacto significativo en el medio ambiente a lo largo de su ciclo de vida, desde la producción hasta su eliminación, contribuyendo a problemas como la contaminación, la generación de residuos y el consumo de recursos naturales. Por otro lado, los problemas sociales pueden referirse a cuestiones como la salud pública afectada por la exposición a sustancias químicas nocivas, la pérdida de medios de vida para comunidades locales y la desigualdad en el acceso a alimentos seguros y la seguridad alimentaria. A pesar de esto, los aditivos son necesarios para mantener la producción de alimentos e incrementar su vida de anaquel (Codex Alimentarius, 2019; Hernández *et al.*, 2018).

Tabla 2. Aditivos utilizados en la industria de productos cárnicos

Aditivos	Dosis máxima permitida	Actividad	Efecto en la salud del consumidor	Nivel de toxicidad
E-250 Nitrito sódico	80 mg/kg	Antimicrobiano	Reacciona con la hemoglobina e impide el transporte de oxígeno en la sangre. Al mezclarse con la sal común puede transformarse en nitrosaminas (cancerígenas). Las cuales se forman en el estómago a partir de nitritos y proteínas.	Alta
E-251 Nitrato sódico		Antimicrobiano	El peligro es su transformación en nitritos. Esto puede suceder por una mala producción o por nuestro cuerpo durante su digestión, originando nitrosaminas, estas son cancerígenas y destructoras de glóbulos rojos.	Media
E-316 Eritorbato sódico	500 mg/kg	Antioxidante	No produce un efecto perjudicial.	Baja
E-202 Sorbato potásico	2000 mg/día	Antimicrobiano	Diarreas y cálculos renales.	Baja
E-262 Acetatos sódicos	1000 mg/kg	Antimicrobiano	En dosis concentradas puede resultar corrosivo para el sistema digestivo y los bronquios.	Baja
E-339 Fosfatos sódicos	1320 mg/kg	Acidulantes naturales, reguladores de acidez y sales de fundido.	Provoca hiperactividad y problemas digestivos. A largo plazo puede reducir el equilibrio natural de calcio y fósforo en el organismo.	Media

Fuente: López *et al.*, 2021.

El cloruro de sodio ha sido utilizado desde tiempos antiguos para conservar la carne, su eficacia se debe a la elevada presión osmótica generada, por la que inhibe el crecimiento microbiano, contribuyendo además a la disponibilidad de la proteína miofibrilar de la carne y de esta manera, mantener la estabilidad de la emulsión en los embutidos (Pinto, 2019). En

estos productos, la sal se adiciona empleando el curado por inyección, asegurando una óptima distribución de las sustancias curantes en la carne (Ayuso, 2020). Cuando la sal se utiliza en concentraciones bajas (5 %), incrementa la capacidad de retención de agua, brindando un mayor rendimiento en peso, además de prolongar la vida útil, por el contrario, cuando se usan concentraciones iguales o mayores al 10 %, compite con el agua, afectando las características organolépticas del producto, y puede ocasionar deterioro en la calidad, cuando contiene impurezas de cualquier tipo y orden (Figueroa & Lucio, 2018; Palmetti, 2020).

Por otra parte, los nitritos (NO_2) y nitratos (NO_3), clasificados como compuestos inorgánicos derivados del nitrógeno, son generadores del enrojecimiento característico de los productos embutidos (color rosado). La mioglobina (globina + grupo prostético hemo Fe^{+2}), es la principal proteína responsable del color en la carne fresca, junto con otras hemoproteínas como la hemoglobina y el citocromo, las cuales participan en la coloración principalmente de carnes de res, aves de corral y cordero (Andújar et al., 2003; Figueroa & Lucio, 2018). Cuando la mioglobina es expuesta al oxígeno se produce una coloración rojo brillante, pero en presencia de sales que oxidan al ion hierro, ocurre la decoloración en la carne (Binstok, 1998; Pereira & Ramírez, 2021).

En los embutidos, el principal pigmento es la nitrosilmioglobina (MbNO), su formación ocurre cuando los nitritos se reducen a óxido nítrico en condiciones ácidas, para posteriormente reaccionar con la mioglobina o con residuos de aminoácidos (Lugo, 2008; Villegas, 2019). Los nitratos se pueden transformar en nitritos, por la acción de los microorganismos durante el procesamiento o el almacenamiento de los productos (Pereira & Ramírez, 2021). En nuestro organismo, esta transformación ocurre por las bacterias que se encuentran en la boca o a lo largo del sistema digestivo, y cuando los nitritos llegan a la sangre, oxidan el hierro que forma parte de la hemoglobina produciendo metahemoglobina, incapaz de transportar al oxígeno (Laínez, 2017).

Además, el ácido nitroso también puede reaccionar con aminas secundarias en un medio ácido, o con los aminoácidos de los alimentos en el estómago, dando lugar a la formación de nitrosaminas, las cuales han demostrado ser potencialmente cancerígenas, por lo que se sugiere precaución en su consumo (Lugo, 2008; Villegas, 2019; Pereira & Ramírez,

2021). En los alimentos, la formación de nitrosaminas ocurre a temperaturas elevadas (140 °C), como en la cocción o fritura de los productos (Calle, 2021).

Por otro lado, la adición de nitritos y nitratos impiden el desarrollo de algunas bacterias como *Clostridium botulinum*; a una concentración de 300 ppm provocan su muerte por lisis celular, mientras que a concentraciones de entre 150 y 200 ppm retrasan su crecimiento; de manera que la bacteria puede llegar a ocasionar la muerte de los consumidores, debido a un mal proceso de curado o almacenamiento de los productos (Lugo, 2008; Lucas & Viteri Puertas, 2017; Álvarez, 2021). Sin embargo, de acuerdo con el *Codex Alimentarius*, la dosis máxima permitida es de 80 mg/kg y, se necesitarían concentraciones mucho más altas de nitritos y nitratos para aprovechar su capacidad antimicrobiana, mismas que ocasionarían daños perjudiciales a la salud de los consumidores (Figuroa & Lucio, 2018).

Otro de los aditivos de mayor uso para impedir la oxidación lipídica en los productos cárnicos es el Eritorbato de sodio (Perlo *et al.*, 2019); éste es un isómero del ácido ascórbico, derivado del Ácido eritórbito, empleado en la elaboración de productos cárnicos como antioxidante y estabilizante, para impedir la formación de nitrosaminas y mantener la coloración rosada del embutido, reduciendo el ion nitrato al ión nítrico (Ayala-Armijos *et al.*, 2016; Calle, 2021).

Así también el sorbato de potasio, la sal de potasio del ácido sórbico, es muy utilizado en la industria de alimentos por su efecto conservador contra hongos, levaduras y bacterias aerobias, por su solubilidad en agua y porque no altera las características organolépticas del producto (Cedeño & Vera, 2017; An *et al.*, 2019; Mirás, 2019). Sin embargo, Jia *et al.* (2021) compararon el poder conservante de la nisina y el sorbato de potasio en la carne de ovinos, comprobando que la nisina es un mejor conservante para prolongar la vida útil de esta carne, mostrando menores pérdidas de lípidos que el sorbato de potasio, durante el almacenamiento. Aunque la nisina presenta menor toxicidad que los nitritos y el benzoato de sodio, está involucrada en la aparición de reacciones alérgicas de las vías respiratorias superiores y digestivas en algunos consumidores (Radu-Rusu *et al.*, 2019).

De acuerdo con el *Codex Alimentarius* se recomienda no consumir más de 10 mg/día de sorbato de potasio, pues un consumo mayor causa síntomas como mareos, náuseas y

molestias estomacales. Una ingesta superior a 25 mg/kg puede provocar efectos citotóxicos y genotóxicos, producir compuestos mutagénicos e inducir aberraciones cromosómicas, intercambio de cromátidas hermanas, provocando rotura del ADN; estos efectos se relacionan con el desarrollo de enfermedades crónicas como diabetes mellitus, cánceres, etc. (Dehghan *et al.*, 2018; Fodil *et al.*, 2018; Qu *et al.*, 2019).

Como se ha descrito, el uso de aditivos es una práctica común en la industria de los alimentos, por muchos años se han utilizado agentes antimicrobianos y antioxidantes sintéticos para el control del deterioro microbiano en los alimentos, incluidos los embutidos (Aguilar, *et al.*, 2019; Begic, *et al.*, 2020). Sin embargo, el uso de estos compuestos químicos se ha restringido debido a sus efectos tóxicos y cancerígenos (Laínez, 2017; López *et al.*, 2021); pero los aditivos son necesarios para mantener la producción de alimentos en óptimas condiciones (Pereira & Ramírez, 2021), razón por la cual es necesario indagar en compuestos de origen natural que brinden estas propiedades a los alimentos, entre éstos los productos cárnicos embutidos.

5.4. Extractos de hojas de plantas para conservar la calidad de los productos cárnicos

Actualmente se ha estudiado el efecto conservante de los extractos de hojas de plantas en los alimentos; estos extractos se obtienen con la finalidad de concentrar los metabolitos y/o fitoquímicos secundarios presentes en dichos vegetales, entre los que se encuentran eugenol, β -cariofileno, alcaloides, polisacáridos, terpenoides, saponinas y compuestos fenólicos (ácidos fenólicos y flavonoides); los cuales poseen actividad antimicrobiana, antifúngica, antiviral, antialérgica, anti-inflamatoria, anti-hipertensiva, antitumoral y anticancerígena, así como la capacidad de inhibir radicales libres y retardar el crecimiento microbiano (Trípoli *et al.*, 2007; Falowo *et al.*, 2014). En la Tabla 3 se presenta el efecto antimicrobiano de los extractos obtenidos de diversas plantas, como se describe en el estudio de Fernández *et al.* (2016).

La pimienta (*Pimenta dioica* L.), también llamada pimienta de Jamaica, pimienta gorda, pimienta guayabita, pimienta de Chiapas y pimienta Tabasco, es un árbol originario de México y Centroamérica, consta de 15 especies que viven en el Neotrópico, la mayor parte de ellas en Centroamérica y la región del Caribe y solamente una especie en el sudeste de

Brasil (Galindo, 2019; Jiménez-Penago *et al.*, 2021). Presentan edades entre 7 a 10 años, llegan a medir hasta 25 metros de altura y tienen un diámetro de 40 centímetros (Solares, 2020). Para su producción se recomiendan suelos arcillosos y profundos, con una temperatura optima de 21°C (Mirás, 2019; Granados, 2021).

Tabla 3. Efecto antimicrobiano de extractos obtenidos de diferentes plantas

Material vegetal	Método de extracción	Resultado	Referencia
Romero (<i>Rosmarinus officinalis</i>)	Maceración y fluidos supercríticos	<i>Escherichia coli</i> : CMI: 0.149 mg/mL. <i>Staphylococcus aureus</i> : CMI 0.376 mg/mL. <i>Bacillus cereus</i> : CMI: 0.151 mg/mL. <i>Salmonella typhimurium</i> : CMI: 0.753 mg/mL	Vieitez <i>et al.</i> , 2018.
Cúrcuma (<i>Curcuma longa</i> L.)	Maceración y ultrasonidos	<i>Salmonella typhimurium</i> : Zona de inhibición: 5 mm.	Thongson <i>et al.</i> , 2004.
Mangle (<i>Avicennia marina</i>)	Maceración	<i>Enterococcus faecium</i> : Zona de inhibición: 14.5 mm, CMI: 2 mg/mL. <i>Streptococcus pneumoniae</i> : Zona de inhibición: 14 mm, CMI: 4 mg/mL. <i>Klebsiella pneumoniae</i> : Zona de inhibición: 12 mm, CMI: 8 mg/mL. % inhibición DPPH: 50% IC50: 10 mg/mL.	Behbahani <i>et al.</i> , 2018.
Acerolo (<i>Crataegus azarolus</i> L.)	Ultrasonidos	Inhibición de DPPH: 89.7%. <i>Staphylococcus aureus</i> : Zona de inhibición: 12.7 + 0.9 mm. <i>Streptococcus faecalis</i> : Zona de inhibición: 11.7 + 0.4 mm. <i>Pseudomonas aeruginosa</i> : Zona de inhibición: 7.5 + 0.7 mm.	Belkhir <i>et al.</i> , 2013.
Pimienta (<i>Pimenta dioica</i> L.)	Maceración	<i>Staphylococcus aureus</i> : 11.3 mm, CMI 2.3 mg mL ⁻¹ ; <i>Bacillus cereus</i> : 12 mm, CMI 1.7 mg mL ⁻¹ EC ₅₀ = 37.44 µg/g extracto	Velázquez-Martínez <i>et al.</i> , 2016.

Las hojas presentan forma de láminas de 4-16 cm de largo por 2-6 cm, elípticas, con numerosos puntos glandulosos. Al estrujarlas emanan un olor a pimienta (Solares, 2020). Los frutos, se presentan en forma de bayas de 10 mm por 5 mm, redondas, aplanadas y aceitosas, esta última característica debido al compuesto eugenol (Carías, 2017). Estos son conocidos por sus múltiples usos culinarios como condimento y se cosechan semi verdes en los meses de agosto-septiembre, para posteriormente ser secadas por medio de los rayos del sol o con ayuda de secadoras, estos maduran en los meses de junio a octubre o diciembre (Jiménez-Penago *et al.*, 2021).

Al ser destinadas al consumo humano, son importantes las buenas prácticas de inocuidad y aseguramiento de la calidad del producto, por lo que durante la cosecha deben ser seleccionadas, descartando materia extraña como palos, hojas, etc., de acuerdo con la NMX-FF-063-1987 (Varela *et al.*, 2018; Zarate, 2019; Solares, 2020). De esta manera, durante la cosecha de los frutos de pimienta, se generan residuos poscosecha, los cuales ha llamado la atención de diversos autores (Aumeeruddy-Elalfi, *et al.*, 2015; Granados, 2021), debido a que se ha reportado el efecto de los extractos como potenciales antimicrobianos y antioxidantes, que además de ser benéficos a la salud son económicos y de fácil obtención. Además, en el 2014, México se situó en el duodécimo lugar mundial en la producción de pimienta, con un total de 3,309 toneladas (FAO, 2017). Sin embargo, cabe destacar que el estado de Tabasco se posicionó como el segundo productor en 2015, alcanzando un total de 9,696 toneladas (González, 2019).

5.5. Aprovechamiento de los residuos agroindustriales como fuente de extractos naturales

Las hojas de *P. dioica* L. son consideradas como un desecho o residuo durante la cosecha de los frutos de la pimienta. Sin embargo, se han encontrado que contienen componentes fenólicos como el eugenol, metil-eugenol y beta-cariofileno, los cuales son considerados antioxidantes y antimicrobianos *in-vitro* (Carías, 2017; Sánchez-Zarate, *et al.*, 2020; Trineeva, *et al.*, 2020). Estudios realizados por Alminderej *et al.* (2020), demuestran que los compuestos bioactivos como el beta-cariofileno ofrecen beneficios significativos para la conservación de alimentos al proporcionar actividad antimicrobiana y antioxidante, lo que

puede ayudar a mejorar su seguridad alimentaria y prolongar su vida útil, al igual que el eugenol y metil-eugenol.

El eugenol se transforma a metil-eugenol por la donación de un grupo metilo de la S-adenosilmetionina y la actividad enzimática de la O-metiltransferasa (Aguilar *et al.*, 2019; Martínez *et al.*, 2019; Murali *et al.*, 2021). Estos compuestos se caracterizan por sus propiedades antioxidantes, benéficas para la salud de los consumidores; siendo las plantas que se utilizan como condimentos, las cuales incluyen estos compuestos, capaces de reducir el estrés oxidativo (Martínez *et al.*, 2019; Alminderej *et al.*, 2020; Gore *et al.*, 2021). Sin embargo, hasta el momento no se presentan reportes acerca del uso de los extractos de *P. dioica* como conservadores en productos embutidos elaborados con carne de cordero, como el chorizo.

Es necesario emplear métodos de extracción que garanticen la extracción y seguridad de los compuestos activos. La obtención de los compuestos de interés depende del método de extracción empleado, así como de los solventes orgánicos utilizados (Regino & Rengifo, 2021). Para seleccionar los solventes a utilizar deben considerarse ciertos factores como, la polaridad de las moléculas de interés, su estabilidad a la luz y temperatura empleada (Lamarque y Maestri 2009; Regino 2021; Sánchez-Zarate et al., 2020; Velandia et al., 2021). Para poder obtener compuestos activos, las hojas deben ser cosechadas, lavadas y secadas cuidadosamente, para evitar riesgos de contaminación. Existen diferentes métodos de extracción de compuestos activos provenientes de fuentes naturales; uno de los más utilizados es la extracción con alcohol etílico, pero también se han utilizado acetona, hexano, acetato de etilo, metanol e isopropanol (Lowe *et al.*, 2017; Solares, 2020). También se utiliza la extracción acuosa, descartando el uso de solventes orgánicos, lo que se considera una ventaja (Trineeva, *et al.*, 2020).

5.6. Actividad antioxidante y antimicrobiana de los extractos naturales

Para determinar la actividad antioxidante de los extractos, se han desarrollado diversos métodos. No existe un método universal y simple por el cual se pueda evaluar y cuantificar la capacidad antioxidante; los métodos más utilizados en modelos *in vitro* incluyen los ensayos de DPPH, ABTS y FRAP (Torrenegra *et al.*, 2019).

Por otra parte, los métodos de evaluación de la actividad antimicrobiana pueden clasificarse en métodos cuantitativos y cualitativos. Los métodos cuantitativos son aquellos procedimientos que permiten determinar la concentración inhibitoria mínima (CIM) y la concentración bactericida mínima (CBM) (Sánchez-García, *et al.*, 2016); siendo la CIM, la mínima concentración de un antimicrobiano que, en un período de tiempo, es capaz de inhibir el crecimiento *in vitro* de un inóculo bacteriano previamente estandarizado (Chauhan *et al.*, 2017). Mientras que la CBM se define como la mínima concentración de un antimicrobiano que, en un período de tiempo, es capaz de inducir la muerte *in vitro* del 99.9 % de una población bacteriana previamente estandarizada (Walter *et al.*, 2011). La determinación de la CIM puede realizarse por micro o macro dilución en caldo, dilución en agar, caja Petri invertida y sembrado en espiral.

Los métodos cualitativos de difusión en disco son aquellos procedimientos que permiten clasificar directamente a un microorganismo como sensible o resistente a un agente químico (Sánchez-García, *et al.*, 2016; Evangelista-Martínez, *et al.*, 2018). La determinación de la concentración mínima inhibitoria es la forma más común para reportar la efectividad de los aceites esenciales o extractos como agentes antimicrobianos (Felizardo, *et al.*, 2021). El utilizar el método adecuado permitirá obtener información certera sobre la efectividad de los compuestos activos y la posibilidad de usarlos como agentes antimicrobianos y, por medio de una evaluación sensorial previa, se determina la dosis adecuada (Villalobos-Delgado, *et al.*, 2015; Belles, *et al.*, 2017).

5.7. Evaluación sensorial

Stone y Sidel (2004), indican que la evaluación sensorial es una disciplina científica utilizada para evocar, medir, analizar e interpretar las respuestas a los atributos percibidos a través de los sentidos de la vista, el olfato, el tacto, el gusto y el oído, como se muestran en la Tabla 4. En este mismo sentido Severiano-Pérez (2019), señaló que para aumentar el consumo de diversos productos es necesario analizar y recolectar información acerca del comportamiento, gustos y preferencias de los posibles consumidores a través de la percepción de los estímulos. Estos se deben revisar de forma independiente por ser una fuente compleja de estímulos.

Tabla 4. Atributos percibidos y sentidos utilizados en la evaluación sensorial

Atributos	Sentidos	
Sabor	Gusto	El gusto nos permite identificar las diferentes sustancias químicas que se encuentran en los alimentos y que percibimos como sabores. Existen cuatro sensaciones sápidas primarias: dulce, salado, ácido y amargo. Se ha demostrado que los factores que inciden en la detección de los sabores son la edad y el sexo.
Olor	Olfato	El olor de los alimentos se origina por las sustancias volátiles que cuando se desprenden de ellos pasan por las ventanas de la nariz y son percibidos por los receptores olfatorios. Este funciona mediante todo nuestro sistema nasal. En este sentido, el olor es la percepción de las sustancias volátiles por medio de la nariz en donde el aire es su medio de transmisión.
Aroma	Paladar	Es la detección que se origina después de haberse puesto en contacto el alimento en la boca, su medio de transmisión es la membrana mucosa del paladar.
Color	Vista	Su importancia se debe a la asociación que el consumidor realiza entre este y otras propiedades de los alimentos, por ejemplo, el color rojo se asocia al sabor fresa, el verde a menta y así sucesivamente. Pues a través del color de un alimento el consumidor puede aceptarlo o rechazarlo. Los factores que influyen son la edad de los observadores y las alteraciones fisiológicas que afectan la retina del ojo humano.
Textura	Tacto	La textura de un producto se describe a través de características mecánicas, geométricas o de superficie. Las propiedades mecánicas dependen de la manera que un alimento reacciona a la aplicación de un esfuerzo y se miden por la presión ejercida al comer, por los dientes, la lengua y el paladar y están integradas por cinco parámetros primarios (Dureza, viscosidad, cohesividad, elasticidad, masticabilidad) y tres secundarios (Factibilidad, gomosidad y adhesividad). Las características geométricas, se refieren al arreglo que tienen distintos constituyentes de un alimento, están relacionadas con los atributos: granuloso, grumoso, perlado, arenoso, áspero, fibroso, cristalino, esponjoso, entre otros. Por otra parte, las características de superficie se consideran los atributos que guardan relación con el contenido de humedad y grasa de un producto (Reseco, seco, húmedo, jugoso, acuoso, aceitoso, oleoso, graso, grasiento, sebo y magro).

Fuente: Manfugás, 2020.

Así mismo se deben tener en cuenta aspectos prácticos como: uniformidad de la muestra representativa entregada a todos los jueces; el orden de la presentación de las muestras, es decir, indicar al juez en qué orden debe evaluar; el efecto de contraste, este se deriva de la posición que se asigna a cada muestra; el efecto de convergencia, este implica cuando se evalúan dos o más muestras al mismo tiempo; preparación de las muestras, mostrándolas al juez en su forma habitual de consumo, ya sea sobre una lechuga, galleta, tostadas, o con aderezos, siempre y cuando esto no afecte las características organolépticas del producto; temperatura de las muestras; codificación de las muestras, utilizando códigos compuestos por tres dígitos elegidos al azar, de tal forma que no sugieran al juez ninguna relación entre las muestras.

Así también sugerir aspectos prácticos como: indicar a los jueces no probar las muestras varias veces, determinar el tiempo disponible para la evaluación (10-15 minutos), y por otra parte fijar el horario de la prueba, generalmente de 9 a 11 am o de 3 a 5 pm. Debe considerarse si el participante recibirá alguna compensación por su participación; cuál es el área más adecuada para hacer la prueba, un laboratorio, una locación central, un supermercado, de tal manera que ello no influya en el dictamen del producto (Severiano-Pérez, 2019).

La toma de decisiones basadas en los resultados de las pruebas sensoriales se da en diferentes etapas del desarrollo de un producto, por lo que, para minimizar los efectos potencialmente sesgados de un producto, las metodologías sensoriales se dividen en dos grandes grupos: en metodologías analíticas y metodologías afectivas como se muestra en la Figura 2 (Severiano-Pérez, 2019).

A través de las pruebas afectivas sensoriales se obtiene información objetiva, pues conlleva metodologías que controlan una serie de variables que se evalúan, el resultado de la evaluación se captura en un cuestionario, para posteriormente realizar el análisis estadístico (Yenket, 2011; Severiano-Pérez, 2019). El análisis más utilizado para evaluar nuevos productos es el análisis multidimensional de datos de preferencia, análisis de resultados hedónicos que pone en evidencia los atributos que necesitan ser modificados en el producto para que tenga una mayor aceptación (Mazon et al., 2018).

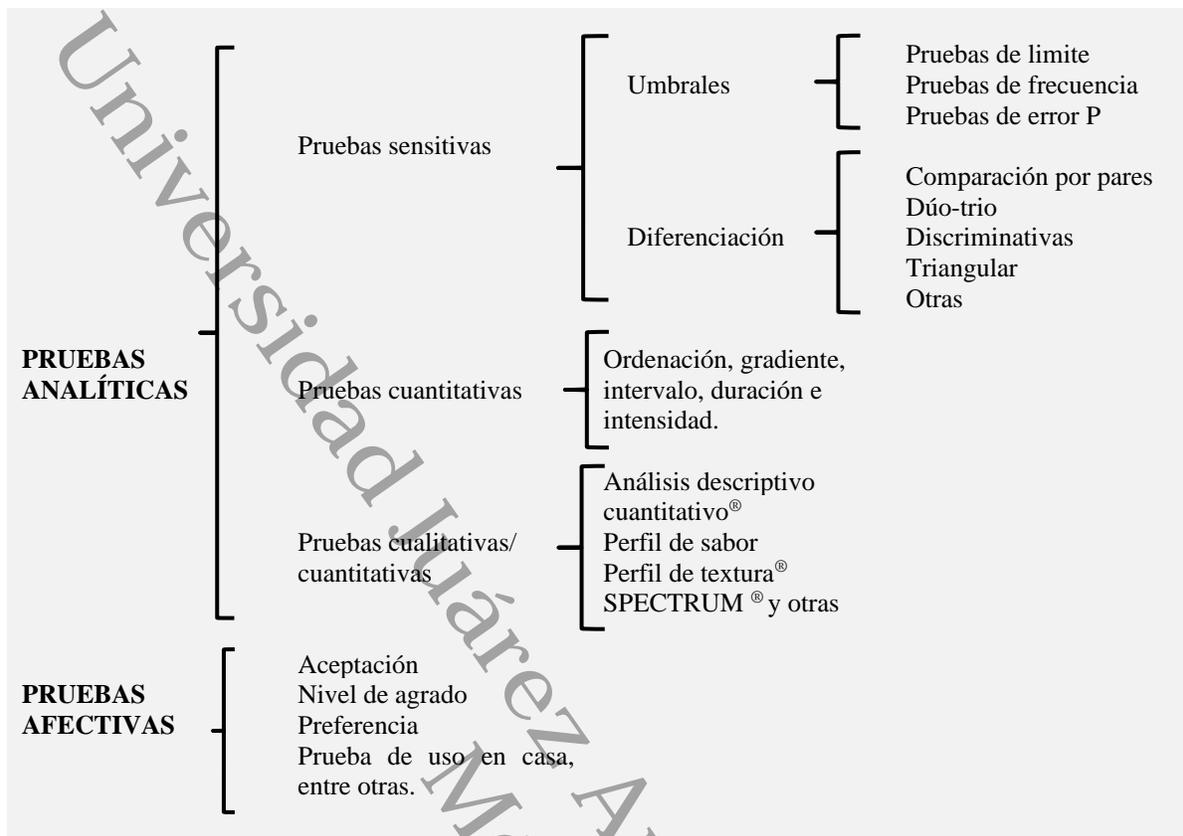


Figura 2. Esquema de las pruebas utilizadas en la evaluación sensorial.

Cobos *et al.* (2014) evaluaron sensorialmente chorizos enriquecidos con fibra, realizando la prueba en dos sesiones; en la primera participaron 102 jueces consumidores que evaluaron muestras del chorizo no enriquecido; en la segunda sesión, 101 jueces consumidores evaluaron muestras del chorizo con fibra. Los atributos evaluados fueron apariencia global, color, olor y sabor. Los resultados mostraron que el chorizo elaborado con carne de cerdo y enriquecido con fibra, presentó una mayor preferencia en todos los atributos evaluados (apariencia global, olor, color y sabor), en comparación con el chorizo no enriquecido.

Así también, Cruz-Bacab *et al.* (2017) realizaron una prueba sensorial en la que 150 jueces no entrenados evaluaron chorizos elaborados con carne de conejo; los atributos evaluados en el estudio fueron color, olor, sabor, textura y adicionalmente, cada participante emitió una calificación “global” acerca del producto. Los resultados mostraron que el producto fue aceptado en forma global con una alta puntuación. Sin embargo, en relación

con el “olor”, el producto recibió un puntaje por debajo del establecido como aceptable, y en cuanto al “color”, tuvo una puntuación más baja en comparación con los atributos de “sabor” y “textura”. Estos resultados muestran que las pruebas sensoriales proporcionan información detallada de los atributos de los productos, en relación con las preferencias y aceptación de los posibles consumidores.

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.
México.

VI. MATERIALES Y MÉTODOS

6.1. Ubicación del sitio experimental

La obtención de las hojas y frutos de *Pimenta dioica* L. se llevó a cabo en los meses de junio a agosto del 2022, en la “Hacienda Cacaotera Jesús María”, ubicada en la Carretera Camino Vecinal Ranchería Sur 5^{ta} sección del municipio de Comalcalco, Tabasco, en las coordenadas 18°18'34"LN-93°24'02"LO.

El acondicionamiento de las hojas se realizó en la División Académica de Ciencias Agropecuarias (DACA) de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco (UJAT), Carretera Villahermosa-Teapa Km 25, Villahermosa, Tabasco; mientras que la obtención y caracterización de los extractos de hojas y frutos se llevó a cabo en las instalaciones de la División de Procesos Industriales de la Universidad Tecnológica de Tabasco (UTTAB), Carretera Villahermosa-Teapa Km 14.6, Villahermosa, Tabasco.

La evaluación sensorial de las distintas formulaciones del embutido se realizó en el Taller de Cárnicos de la DACA en la UJAT y, la evaluación sensorial de los embutidos enriquecidos con el extracto de pimienta, en el establecimiento conocido como Soriana López Rayón, ubicado en Comalcalco, Tabasco.

Los análisis bromatológicos, microbiológicos y de oxidación lipídica, se realizaron en las instalaciones de la División de Procesos Industriales de la UTTAB.

6.2. Materiales

Para llevar a cabo el estudio, se emplearon 5 kg de hojas frescas y 1 kg de frutos secos de *P. dioica*, con un contenido de humedad del 45% y 11%, respectivamente. Se utilizó carne y grasa de cordero, tripa natural de cerdo y especias, así como los aditivos comerciales nitrito de sodio, acetato de sodio, eritorbato de sodio, fosfato de sodio y sorbato de potasio.

6.3. Métodos

6.3.1. Acondicionamiento de hojas pimienta

Las hojas se lavaron con agua corriente del grifo y se desinfectaron mediante inmersión en una solución de hipoclorito de sodio al 0.1% (1000 ppm) de la marca Cloralex, durante 5 minutos. Posteriormente, se secaron a la sombra en una habitación equipada con un deshumidificador ambiental DeLonghi 500 durante 7 días. Luego, se molieron en la misma licuadora industrial de la marca Hammer Mill® y se tamizaron a través de una malla No. 40 de la marca Tyler 5191, USA. Los frutos secos de pimienta también fueron molidos y tamizados. Finalmente, los materiales acondicionados se depositaron en frascos ámbar de boca ancha con capacidad de 1 kg y se almacenaron a temperatura ambiente hasta su uso.

6.3.2. Obtención de los extractos de pimienta

Los extractos se obtuvieron, para ambos materiales (hojas y frutos), por el método de extracción asistida por ultrasonificación, utilizando un equipo ultrasónico (MOD 8895-39, Cole-Parmer®, USA); . Se utilizaron como solvente de extracción agua destilada y etanol absoluto, con la finalidad de obtener diferentes extractos, de acuerdo con la polaridad de los solventes, y evaluar en cada caso su efecto antioxidante y antimicrobiano, para elegir el más adecuado para su aplicación al embutido tipo chorizo de carne de cordero. Se utilizaron extractos acuosos frescos y para el análisis de la Concentración Mínima Inhibitoria (CMI) y Concentración Mínima Bactericida (CMB) el extracto acuoso se liofilizó.

Para la preparación del extracto acuoso fresco, se tomaron 5 gramos de polvo fino, ya fuera de frutos o hojas, y se colocaron en un matraz Erlenmeyer de 250 ml. Posteriormente, se añadieron 95 mL de agua destilada mediante una probeta. La mezcla resultante se dejó reposar por un período de 24 horas, asegurando así la extracción de los componentes deseados con una concentración del 5 % p/v. Una vez transcurrido el tiempo de reposo, la mezcla se homogeneizó y se sometió a un baño ultrasónico de alta frecuencia a 40 kHz y a una temperatura de 80 °C. Durante este proceso, la temperatura se monitorizó continuamente mediante un termómetro, y se añadió agua hirviendo según fuera necesario para mantenerla constante. Este tratamiento se prolongó durante 10 minutos ininterrumpidos, asegurando así una adecuada extracción de los compuestos bioactivos presentes en el material vegetal.

Posteriormente, se centrifugó utilizando una centrífuga (MOD C-40, SOLBAT, México) a 4500 rpm durante 20 minutos para recuperar el sobrenadante. El sobrenadante se rotaevaporó a vacío, en un baño de agua a 85 °C.

Para los extractos etanólicos, la mezcla se ultrasonicó a 45 °C por 20 min, se filtró con papel filtro Whatman No. 1 y se concentró en el rotavapor a 45 °C. Finalmente, los extractos se secaron en estufa de vacío a 65 °C y se conservaron en frascos ámbar a 4 °C, al abrigo de la luz, hasta su posterior análisis y uso.

6.3.3. Determinación del rendimiento de los extractos

Para determinar el rendimiento de los extractos obtenidos a partir de las hojas y frutos de pimienta, una vez separados de los restos del material extraído, así como del solvente utilizado para su extracción, se pesó la cantidad de extracto obtenido (W_f , en g) menos el peso de la caja de Petri vacía (W_o , en g), para la cantidad de material vegetal utilizado (W_{mp} , en g), y se calculó el rendimiento mediante la siguiente ecuación (Cuzco, 2019).

$$\% \text{ Rendimiento} = \frac{(W_f - W_o)100}{W_{mp}}$$

6.3.4. Caracterización del contenido total de fenoles de los extractos

El contenido de fenoles totales en los extractos se determinó por el método de Folin Ciocalteu (Singleton *et al.*, 1999). Se mezclan 0.05 mL del extracto con 3 mL de agua destilada, posteriormente se agregan 0.25 mL del reactivo de Folin-Ciocalteu y pasados 8 min se agregan 0.75 mL de Na_2CO_3 al 20 % y 0.95 mL de agua destilada; la mezcla se agita vigorosamente en un vórtex por 5 min y después de 30 min de reposo a temperatura ambiente, en ausencia de luz, se mide la absorbancia en el espectrofotómetro visible MOD SP-600 (Orbeco Hellige, Alemania) a 765 nm. El resultado se expresa como contenido de ácido gálico en mg por g de extracto seco y se calculó como sigue:

$$C = cV/m$$

Dónde: C = contenido fenólico total en mg/g de extracto vegetal, c = concentración de ácido gálico establecida a través de la curva de calibración, V= volumen de extracto vegetal, m = peso del extracto vegetal (g). Los análisis se realizaron por triplicado.

6.3.5. Actividad antioxidante de los extractos, evaluada por el método de DPPH

La capacidad antioxidante de los extractos se determinó siguiendo el método propuesto por Brand-Williams et al. (1995), con algunas adaptaciones. Se tomó una muestra de 200 mL del extracto y se mezcló con 2 mL de una solución de DPPH en metanol (125 $\mu\text{M}/\text{mL}$). Esta mezcla se agitó vigorosamente en un vórtex y se incubó a temperatura ambiente durante 60 minutos, protegida de la luz. Luego, se midió la absorbancia a 515 nm utilizando un espectrofotómetro MOD SP-600 (Orbeco Hellige, Alemania). Los resultados se expresaron en mmoles de Trolox por 100 g de extracto seco. Todos los análisis se realizaron por triplicado.

6.3.6. Actividad Antimicrobiana de los extractos

Cepas bacterianas

Para evaluar el efecto antimicrobiano de los extractos obtenidos de la pimienta, se utilizaron las bacterias gram-negativas *Escherichia coli* (*E.coli* ATCC 25922-IPN), *Staphylococcus aureus* (*S. aureus* ATCC 6538-IPN) y *Salmonella typhimurium* (*S. typhimurium* ATCC 14028-IPN); además de las bacterias gram-positivas *Bacillus subtilis* (*B. subtilis* ATCC 6639-UJAT), *Bacillus cereus* (*B. cereus* ATCC 11778-UNAM) y *Listeria monocytogenes* (*L. monocytogenes* CFQ-103-UNAM).

Los medios de cultivo utilizados fueron caldo y agar Infusión Cerebro Corazón (ICC) para la activación de las cepas y para la técnica de difusión en disco, respectivamente; y el Mueller Hinton (MH) para la determinación de la concentración mínima inhibitoria o bactericida.

Reactivación de cepas bacterianas

En el presente estudio fue necesario contar con inóculos estandarizados a 10^8 UFC/mL, para cada una de las cepas bacterianas utilizadas, para garantizar su efectividad. Para ello se utilizaron cepas crio conservadas a $-08\text{ }^\circ\text{C}$, las cuales se activaron utilizando 200

μL del microorganismo en estado líquido en 8 mL de caldo de Infusión Cerebro Corazón (ICC), en tubos de ensaye (16x125), que se incubaron por 12 horas a 37° C. Posteriormente se realizaron 2 resiembras consecutivas, utilizando el mismo medio y condiciones de incubación. Para corroborar la concentración del inóculo a las 12 horas de crecimiento o incubación (10^8 UFC/mL), se realizó el conteo en placa, de acuerdo con López & Ordaz (2021).

Técnica de Difusión en disco o agar

Para evaluar la actividad antimicrobiana de los extractos de hojas y frutos de la pimienta Tabasco, se utilizó la técnica de difusión en disco o agar. Para ello, se emplearon bacterias conservadas en congelación en medio ICC con glicerol al 50 %, reactivadas en caldo ICC durante 12 h a 36 °C. Del medio líquido de este cultivo, a una concentración de 10^8 UFC/mL, se tomaron 100 μL que se inocularon en la superficie de cajas de Petri conteniendo agar ICC. Sobre las cajas inoculadas se colocaron discos de papel filtro Whatman No.1, de 2 mm de diámetro, impregnados con 10 y 70 μL de cada extracto, de hojas y frutos, 10 μL de amikacina como control positivo y 10 μL de agua destilada como control negativo, como se muestra en la Figura 3. Las placas se incubaron a 37 °C durante 24 h, registrándose al final de la incubación el halo o zona de inhibición, en milímetros.

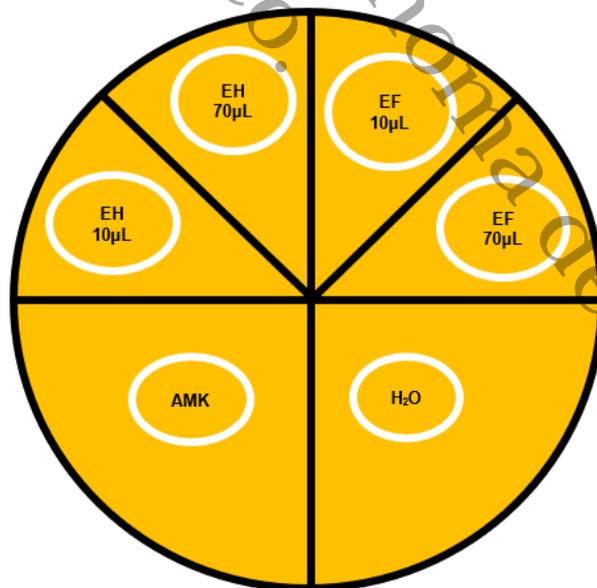


Figura 3. Esquema de la distribución de los discos de papel impregnados con extractos en diferentes concentraciones.

Concentración mínima inhibitoria (CMI) y concentración mínima bactericida (CMB)

Para determinar la Concentración Mínima Inhibitoria (CMI) y Concentración Mínima Bactericida (CMB) de los extractos, se utilizó el método de micro dilución en placa. Para el ensayo se incubaron los inóculos bacterianos durante 8 h en caldo Mueller Hinton (MH), para obtener una densidad de cultivo de 10^8 . Se utilizaron microplacas estériles con 96 pozos, con capacidad de 250 μL por pozo; cada placa se compone de 12 columnas y 8 filas. La placa se preparó como se observa en la Figura 4.

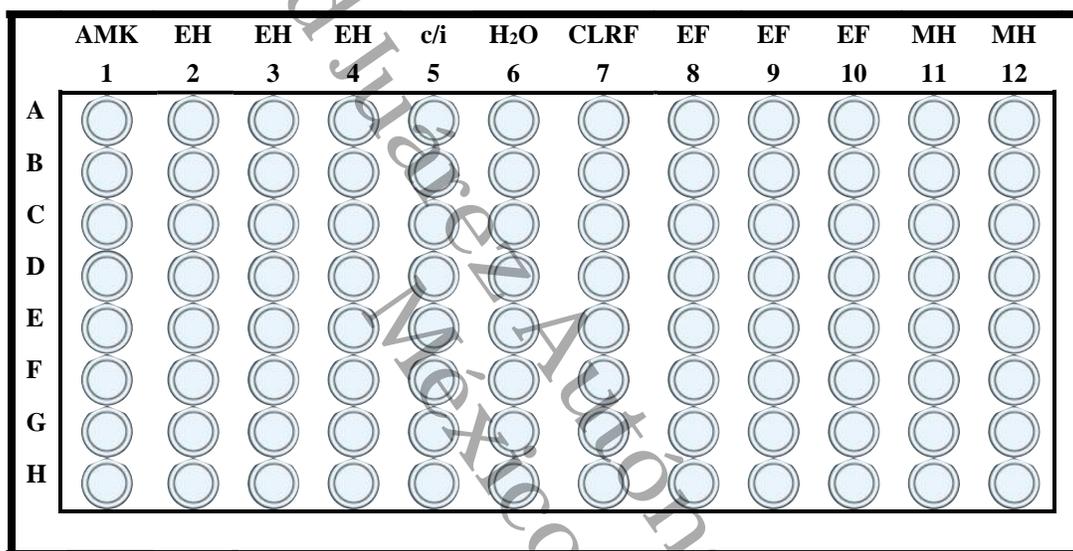


Figura 4. Esquema de la distribución de los extractos en la placa estéril.

A cada uno de los pozos, en todos los carriles, se añadieron 100 μL de medio MH, preparado con la mitad del agua indicada por el proveedor. Además, a los carriles 1 y 7 se adicionaron 10 μL del inóculo bacteriano, para posteriormente completarlos con los controles positivos: amikacina (AMK) con un gradiente de concentración de 2 a 0.015 mg mL^{-1} y cloranfenicol (CLRF) con un gradiente de 4 a 0.03 mg mL^{-1} , respectivamente. A los carriles 2, 3 y 4 se adicionaron 100 μL de extracto de hoja liofilizado, el carril 5 con 100 μL de agua destilada estéril y con inóculo (MH c/i) para verificación del crecimiento de bacterias y el carril 6 con 100 μL de agua destilada estéril, pero sin inóculo (MH s/i) para control de esterilidad del medio. Los carriles 8, 9 y 10, incluyeron 100 μL de extracto de fruto liofilizado. Los carriles 11 y 12 contenían sólo medio MH para control de esterilidad (MH).

Posteriormente, cada placa se agitó durante cinco minutos a 150 rpm en un agitador vórtex IKA® con un adaptador para placas. Estas se incubaron por 24 h a 37°C, al final del tiempo de incubación se verificó el crecimiento de bacterias de acuerdo con la turbidez. Para determinar la concentración mínima bactericida (CMB), se tomaron 10 µL de cada pozo, se inocularon en una caja con agar MH, se incubaron a 37 °C por 24 h y se observó presencia de crecimiento microbiano. En caso de encontrar crecimiento, se reportó como actividad bacteriostática y en caso contrario se reportó como actividad bactericida (Sánchez, 2019).

6.3.7. Formulación del embutido tipo chorizo

Se formularon 5 tipos de chorizo con carne y grasa (C y G), de cerdo o cordero (ce o co): CcoGce, Cco, CcoGco, CceGco y CceGce. Las formulaciones se muestran en la Tabla 5. El proceso consistió en mezclar la carne y la grasa, e incorporar las especias en polvo y la mezcla de chiles cocidos y licuados. La mezcla se homogenizó manualmente durante 5 min y se dejó reposar durante 24 h a 18 ± 3 °C. Posteriormente, la mezcla madurada se embutió en tripas de cerdo (calibre de 2 cm de diámetro). El producto embutido se sometió a los procesos de ahumado (A), a 65°C por 3 horas, o Madurado (M), 4°C por 7 días (Durán-Mendoza *et al.*, 2018).

Tabla 5. Formulaciones experimentales de los embutidos

Ingredientes	Embutidos					Especias (g)
	Cco	CcoGco	CcoGce	CceGco	CceGce	
Carne Cordero	970g	600g	600g			-1.00 Chile guajillo
Grasa Cordero		370g		370g		-1.00 Chile color
Carne cerdo				600g	600g	-7.00 sal
Grasa cerdo			370g		370g	-15.00 paprika -6.00 ajo

Para conocer el nivel de agrado de los embutidos, se realizó la evaluación sensorial de cada uno de los productos elaborados (CcoA, CcoGceA, CcoGcoA, CceGcoA, CceGceA, CcoM, CcoGceM, CcoGcoM, CceGcoM y CceGceM), utilizando una escala hedónica de 9 puntos, desde 1 “me disgusta muchísimo” hasta 9 “me gusta muchísimo”; los atributos evaluados fueron color, olor, sabor, textura y aceptabilidad general, solicitando la opinión a

un total de 100 posibles consumidores seleccionados al azar, en la División Académica de Ciencias Agropecuarias de la UJAT. Para realizar la degustación del chorizo, se eliminó la tripa del embutido para someterlo a cocción en un recipiente de teflón antiadherente durante 10 min; una vez cocido, aproximadamente 500 g de la muestra, se envolvió en un trozo de papel aluminio de 20 x 20 cm, para colocarse en un baño maría a 60 °C, para mantenerlo a la temperatura apta de consumo (Durán-Mendoza et al., 2018). Para llevar a cabo la degustación, se sirvieron 5 g de producto, de cada formulación, en platos desechables de plástico, identificados por un código de tres dígitos para cada muestra, antes de servir las individualmente a los participantes. Los jueces llevaron a cabo la degustación de cada producto, eliminando el sabor residual del producto anterior, con agua purificada.

6.3.8. Determinación de la concentración del extracto en el embutido Tipo chorizo

Para determinar la concentración de extracto de pimienta a utilizar en el embutido tipo chorizo, se realizó una evaluación sensorial, a través de una prueba de aceptación afectiva, a embutidos preparados y enriquecidos con diferentes concentraciones de extracto. Tomando como referencia las dosis probadas y los resultados obtenidos por Sánchez *et al.* (2019) para hamburguesas de carne de cordero, las concentraciones de extracto evaluadas en este trabajo de investigación fueron de 0, 1000, 3000 y 5000 ppm, en la mezcla de carne de cordero, grasa de cordero, especias y chiles a embutir.

Para ello se utilizó la formulación de carne de cordero y grasa de cordero, sometida al proceso de ahumado (CcoGcoA). La carne deshuesada y sin tejido conectivo se molió en un molino para carne marca Torrey®, con un disco picador de acero al manganeso, con orificios de 3 mm de diámetro. Se preparó la mezcla de carne y grasa de cordero, especias, sal y chiles, de acuerdo con la formulación del embutido tipo chorizo. La mezcla para embutir se dividió en cuatro porciones iguales, con las que se elaboraron 4 diferentes productos a evaluar. Se prepararon 4 embutidos tipo chorizo de carne de cordero, uno sin la adición del extracto de pimienta y 3 más, a tres diferentes concentraciones de extracto (1000, 3000 y 5000 ppm); denominados T0, T1, T3 y T5, respectivamente, siendo T (Tratamiento). El procedimiento consistió en la adición del extracto acuoso de hojas de pimienta gorda, previamente diluido en volúmenes específicos de agua destilada, a una mezcla compuesta por carne, grasa y especias vegetales. Se prepararon tres concentraciones diferentes de

extracto: 1000, 3000 y 5000 partes por millón (ppm); cada cual se diluyó en 10, 30 y 50 mL de agua destilada, respectivamente. Para acto seguido, adicionar a la mezcla de carne, grasa y especias, homogeneizar y embutir en la tripa natural de cerdo, previamente lavada y desinfectada, se realizaron los amarres con hilo de algodón para obtener las piezas de chorizo del tamaño deseado, para posteriormente, cocerlo al horno a 65°C por 3 horas. El producto terminado se almacenó en bolsas de polietileno a 4°C, hasta su evaluación.

La evaluación sensorial de los embutidos adicionados con el extracto de pimienta se realizó utilizando una escala hedónica de 9 puntos, desde 1 “me disgusta muchísimo” hasta 9 “me gusta muchísimo”. Para ello, se solicitó la opinión individualizada de un total de 110 posibles consumidores, los cuales fueron elegidos al azar en un supermercado del grupo Soriana. Los atributos evaluados fueron aroma, textura, sabor, succulencia y calidad global del embutido, con la finalidad de determinar la dosis de extracto de pimienta más aceptada por los consumidores, como lo describen Meilgaard *et al.* (2016) y Sánchez *et al.* (2019). Las muestras se cocinaron en una parrilla eléctrica de inducción, a 180 °C, hasta que la temperatura interna del embutido fue de 72 °C, posteriormente, 1000 g de muestra se envolvieron en un trozo de papel aluminio de 30 x 30 cm, y se colocaron en un baño maría a una temperatura de 60 °C, por no más de 30 min. Se sirvieron 5 g de muestra de cada producto en platos desechables de plástico, codificados con tres dígitos antes de servirlos individualmente a los participantes, los jueces eliminaban el sabor residual del producto anterior con agua y totopos de maíz (Durán-Mendoza *et al.* 2018).

Para evaluar la actividad antimicrobiana y antioxidante del extracto de hojas de pimienta en el chorizo, se elaboraron los embutidos en condiciones higiénicas controladas para evitar los riesgos de contaminación microbiana. Nuevamente se utilizó la formulación de CcoGcoA, sometida al proceso de ahumado, a 65°C por 3 h. Los tratamientos evaluados fueron: T0, chorizo elaborado sin aditivos; T1, chorizo enriquecido con 1000 ppm de extracto de hoja de pimienta; T5, chorizo enriquecido con 5000 ppm de extracto de hoja de pimienta y TA, chorizo elaborado con aditivos (0.08 g de nitrito de sodio, 2 g de sorbato de potasio, 1 g de acetato de sodio, 0.5 g de eritorbato de sodio y 1.32 g de fosfato de sodio).

Los embutidos elaborados se almacenaron en bolsas ziploc con cierre hermético y se mantuvieron en refrigeración por 120 días a 14 °C, hasta su análisis. Las determinaciones

realizadas incluyeron el análisis microbiológico de mesófilos aerobios, coliformes totales, hongos y levaduras, así como la oxidación lipídica, a los 0, 15, 30, 60, 90 y 120 días de almacenamiento; los análisis bromatológicos incluyeron las determinaciones de proteína, grasa, humedad y cenizas, todos los cuales se llevaron a cabo a los 0, 30, 90 y 150 días de almacenamiento. El experimento y los análisis se realizaron por triplicado.

Análisis bromatológicos del embutido tipo chorizo

Los análisis bromatológicos se realizaron a los chorizos preparados sin aditivos, ni extracto de pimienta (T0), chorizos enriquecidos con 1000 y 5000 ppm de extracto de pimienta (T1 y T5, respectivamente) y chorizo elaborado con aditivos comerciales (TA). La determinación de humedad se llevó a cabo por el método de secado en estufa de aire y la determinación de cenizas por el método de incineración en mufla, la grasa se determinó por el método de Soxhlet y el contenido proteico por el método de Kjeldahl. Los análisis se realizaron por triplicado, para cada formulación.

Efecto antioxidante del extracto en el embutido tipo chorizo

Los productos de la oxidación secundaria de los lípidos en el chorizo se cuantificaron por el método de destilación del ácido tiobarbitúrico (TBARS), de acuerdo con la metodología descrita por Tarladgis *et al.* (1960). Para su cuantificación, se pesaron 10 g de la muestra previamente triturada, se colocaron en un vaso de precipitados de 100 mL, se añadieron 50 mL de agua destilada y se homogenizaron durante 2 min a 14,000 rpm, con ayuda de un homogeneizador Ultra-Turrax T25 digital (IKA Works, Inc. Staufen, Alemania). La muestra se transfirió a un matraz Kjeldahl, enjuagando el vaso de precipitado con 47.5 mL de agua destilada; se agregaron 2.5 mL de HCl (4 M) para llevar la mezcla a un pH de 1.5, además de 4 perlas de ebullición. La mezcla se calentó en el destilador, hasta recuperar 50 mL de destilado. Se preparó un blanco de manera similar, utilizando una muestra completamente rancia. Una vez recuperados los 50 mL de destilado, se transfieren 3 mL a un tubo de vidrio (15x150), con tapa, y se agregan 3 mL del reactivo TBA (0.02 M). Un blanco se prepara con 3 mL de agua destilada. Posteriormente, los tubos son tapados y sellados con teflón para su agitación en el vortex durante 1 min; los tubos se colocan en un baño maría a

100 °C, utilizando un Termoagitador (MOD felisa, México), durante 35 min. Después se enfrían por no más de 10 min para medir su absorbancia contra el blanco a 538 nm, utilizando un espectrofotómetro visible MOD SP-600 (Orbeco Hellige, Alemania). El resultado se multiplica por 7.8 y se expresa como mg de malonaldehído (MDA) por cada 100 g de muestra.

Efecto antimicrobiano del extracto en el embutido tipo chorizo

De acuerdo con la normatividad oficial mexicana, la NOM-213-SSA1-2002 indica que los análisis microbiológicos correspondientes a un producto cárnico cocido son la cuenta de bacterias aerobias en placa, la determinación de bacterias coliformes y la cuenta de mohos y levaduras en alimentos; estas determinaciones se realizaron, de acuerdo con las normas oficiales NOM-092-SSA1-1994, NOM-112-SSA1-1994 y NOM-111-SSA1-1994, respectivamente.

Los tratamientos evaluados fueron: T0, chorizo sin aditivos; T1, chorizo con 1000 ppm de extracto de hoja de pimienta; T5, chorizo con 5000 ppm de extracto de hoja de pimienta y TA, chorizo con aditivos comerciales. Para el análisis, las muestras se tomaron en condiciones asépticas de las bolsas ziploc con cierre hermético en las que se almacenó y refrigeró el embutido. 10 g de muestra se homogenizaron con 90 mL de agua esterilizada peptonada (0.1 % w/v), a temperatura ambiente, durante dos min, en una licuadora, utilizando frascos de vidrio estériles.

Se prepararon diluciones decimales, de 10^{-1} a 10^{-5} , como se muestra en la Figura 5. Para ello, en 9 mL de agua peptonada (0.1%), se adicionó 1 mL de la muestra previamente homogeneizada en agua peptonada, utilizando para tal propósito una pipeta estéril. El conteo se realizó por triplicado para cada una de las diluciones decimales preparadas, utilizando una pipeta estéril diferente para cada dilución. Posteriormente, se vertieron de 15 a 20 mL de medio de cultivo, de acuerdo con los microorganismos a cuantificar, se mezclaron medio de cultivo e inóculo mediante 6 movimientos de derecha a izquierda, 6 en el sentido de las manecillas del reloj, 6 en sentido contrario y 6 de atrás a adelante. Los medios de cultivo utilizados fueron: Agar Triptona-Extracto de Levadura (ELA), para microorganismos mesófilos aerobios (MA), Agar Rojo Violeta Bilis (RVBA), para el conteo de

microorganismos coliformes totales (CT), y Agar Papa Dextrosa (PDA), para hongos y levaduras (HL). Para la cuantificación de microorganismos mesófilos aerobios y coliformes totales, las cajas de Petri se incubaron a 35 °C por 48 h y, para la cuantificación de hongos y levaduras, las placas se incubaron a 25°C por 72 horas. Las cuentas microbiológicas se expresaron en UFC/g.

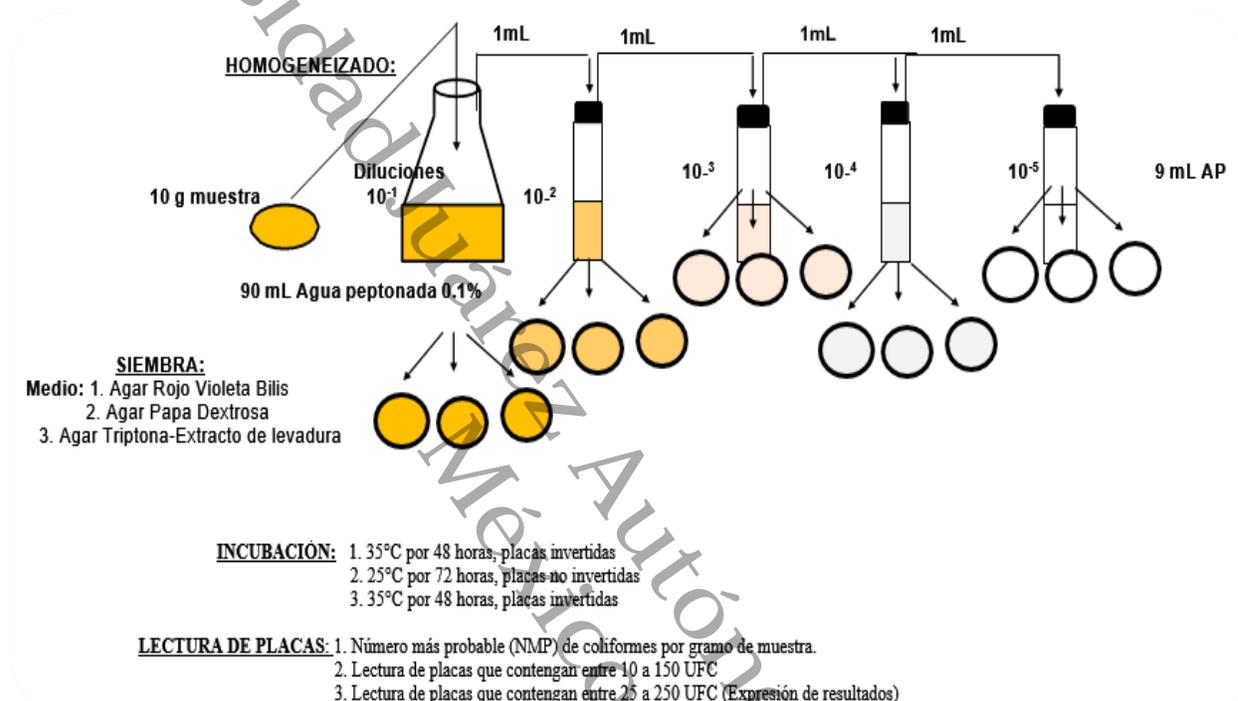


Figura 5. Esquema general de los análisis microbiológicos.

VII. DISEÑO EXPERIMENTAL Y ANÁLISIS ESTADÍSTICO

7.1. Para la obtención de los extractos de *Pimenta dioica*

Para evaluar el efecto *in-vitro* de los extractos de hojas y frutos de *P. dioica*, en el contenido total de fenoles, capacidad antioxidante por el método de DPPH y actividad antimicrobiana, evaluada como milímetros de la zona de inhibición y CMI; se utilizó un diseño completamente al azar, tomando en consideración los dos métodos de extracción (acuoso y etanólico, con un total de 3 repeticiones). El modelo es el siguiente:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \varepsilon_{ij}$$

Donde: Y_{ij} = Respuesta obtenida en la repetición j del tratamiento i , μ = Promedio general,
 τ_i = Efecto del tratamiento i y ε_{ij} = Error experimental

Los resultados obtenidos se analizaron por medio de un análisis de varianza, con posterior análisis de comparación de medias de Tukey ($p < 0.05$), utilizando MINITAB 19v.

7.2. Para la obtención de la formulación del embutido tipo chorizo

Para el análisis de los datos de la evaluación sensorial de los embutidos, los puntajes numéricos de cada intervalo de la escala hedónica se tabularon y analizaron para cada uno de los diez tratamientos (CcoA, CcoGceA, CcoGcoA, CceGcoA, CceGceA, CcoM, CcoGceM, CcoGcoM, CceGcoM y CceGceM; embutido elaborado con carne de cordero Cco, carne de cerdo Cce, grasa de cordero Gco, grasa de cerdo Gce, ahumado A o Madurado M), y la comparación múltiple de medias se realizó con el método de Tukey ($p < 0.05$) y el estadístico Infostat.

7.3. Para la obtención de la cantidad de extracto de hoja de pimienta a utilizar en el chorizo

Para el análisis de los datos de la segunda evaluación sensorial, para determinar la cantidad de extracto de hoja de pimienta a utilizar en el embutido, los puntajes numéricos obtenidos para cada atributo, en la escala hedónica, se tabularon y analizaron para cada uno de los cuatro tratamientos (T0, T1, T3 y T5; embutido enriquecido con 0, 1000, 3000 y 5000 ppm de extracto de hojas de pimienta, respectivamente), utilizando un ANOVA para determinar diferencias significativas en el promedio de los puntajes asignados a las muestras y la comparación múltiple de medias se realizó con el método de Tukey ($p < 0.05$) y el estadístico MINITAB 19v.

7.4. Para evaluar el efecto antimicrobiano y antioxidante *in-vitro* del extracto de hoja de pimienta

Para evaluar el efecto antimicrobiano y antioxidante del extracto de hojas de *Pimenta dioica* L. incorporados en el embutido tipo chorizo elaborado con carne de cordero, se utilizó un diseño completamente aleatorio, con mediciones repetidas. Los tratamientos evaluados fueron: T0, chorizo sin aditivos; T1, chorizo con 1000 ppm de extracto de hoja de pimienta;

T5, chorizo con 5000 ppm de extracto de hoja de pimienta y TA, chorizo con aditivos comerciales, a los tiempos de almacenamiento de 0, 15, 30, 60, 90 y 120 días.

Bajo el siguiente modelo: $Y_{ijk} = \mu + A_i + B_j + AB_{ij} + \epsilon_{ijk}$

Dónde:

Y_{ijk} ; representa la observación i-ésima del tratamiento j-ésimo en el tiempo k-ésimo.

μ ; es la media global.

A_i ; representa el efecto del extracto añadido (T0, T1, T5 o TA).

B_j ; representa el efecto del tiempo de almacenamiento (0, 15, 30, 60, 90 y 120 días).

AB_{ij} ; representa la interacción entre el extracto añadido y el tiempo de almacenamiento.

ϵ_{ijk} ; es el error aleatorio, que captura la variabilidad no explicada por las variables independientes incluidas en el modelo y que puede deberse a factores desconocidos, aleatorios o no controlados que influyen en las mediciones de la variable dependiente.

Los resultados obtenidos se analizaron por medio de un análisis de varianza, con posterior análisis de comparación de medias de Tukey ($p < 0.05$), utilizando MINITAB 19v.

VIII. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

8.1. Obtención y caracterización de los extractos de *Pimenta dioica* L.

En este trabajo de investigación, se obtuvieron extractos acuosos y etanólicos, de frutos y de hojas de la *P. dioica*. Los rendimientos y contenido fenólico total en los extractos se presentan en la Tabla 6. En dicha Tabla se puede observar que los extractos etanólicos de las hojas de pimienta presentaron los mayores rendimientos (9.30 %). Lo anterior, en concordancia con lo reportado por Hidalgo y Almajano (2017), quienes indican que el etanol es uno de los mejores solventes, comparado con el agua, principalmente por su rendimiento, efectividad en la extracción y por ser reconocido como un solvente seguro. Sin embargo, la selección del solvente a utilizar dependerá en gran medida de la aplicación que se dará al extracto (Sánchez, 2019). El rendimiento, en muchos casos, depende de la planta o fracción de la planta que se utiliza; en este trabajo, los rendimientos de las extracciones acuosas fueron de 2.37 % para los frutos y de 5.23 % para las hojas.

Tabla 6. Rendimiento y contenido total de fenoles en los extractos de hojas y frutos de *P. dioica*, para cada uno de los tratamientos evaluados

Extracto	Rendimiento (% p/p seco muestra)	Fenoles totales (mg eq de ácido gálico/100 g de extracto seco)
Fruto A	2.37 ± 0.01 ^a	27,724.8 ± 3166.1 ^b
Hoja A	5.23 ± 0.21 ^b	39,257.4 ± 1579.7 ^a
Fruto E	5.41 ± 0.08 ^b	5,243.8 ± 594.96 ^c
Hoja E	9.30 ± 0.32 ^c	5,937.6 ± 1333.89 ^c

Los datos mostrados son la Media ± Desviación estándar. Valores con diferente letra en columna son estadísticamente diferentes (Tukey, $p < 0.05$). A= acuoso; E= etanólico.

De igual manera, Granato *et al.* (2018) señalan que el solvente de extracción influye en el contenido de compuestos fenólicos de los extractos, compuestos que se derivan de los metabolitos secundarios de las plantas y que se relacionan a su vez con la actividad antioxidante de los extractos. Un estudio por Suk-Nam *et al.* (2013) señalan que los fenoles son conocidos por contar con diversas actividades biológicas y también de ser responsables

de la actividad antioxidante de muchas plantas. En este estudio, el mayor contenido de fenoles totales, expresado en mg de Equivalentes de Ácido Gálico (EAG) por gramo de extracto, se presentó en los extractos acuosos obtenidos a partir de las hojas de pimienta (39,257.4 mg EAG/100g extracto), reportado por Velázquez-Martínez *et al.* (2016), que obtuvo 93.33 ± 0.34 mg EAG/g extracto liofilizado y al extracto obtenido por maceración 488.29 ± 15.56 mg EAG/g extracto, reportado por Sánchez (2020). Estas diferencias pueden deberse a diferencias genotípicas o ambientales, factores que influyen, de acuerdo con diferentes estudios, en el contenido de fenoles en los extractos obtenidos. A pesar de que los extractos acuosos presentan los menores rendimientos, estos extractos presentaron los mayores contenidos de compuestos fenólicos, además de ser, el agua, considerada como el solvente universal, más seguro, económico y efectivo para la extracción de compuestos bioactivos.

El mayor contenido de compuestos fenólicos en los extractos acuosos obtenidos a partir de las hojas de pimienta puede atribuirse a la solubilidad preferencial de estos compuestos en el medio acuoso de extracción (Goula & Adamopoulos, 2012; Peng *et al.*, 2019). La polaridad del agua y su capacidad para interactuar con los grupos funcionales presentes en los compuestos fenólicos facilitan su solubilización y extracción en este solvente (Olivas-Aguirre *et al.*, 2018). El agua, como solvente altamente polar, tiene la capacidad de disolver una amplia variedad de compuestos polares, incluidos los compuestos fenólicos (Rocchetti *et al.*, 2020)). Esta capacidad se debe a las interacciones dipolo-dipolo y a la formación de puentes de hidrógeno entre las moléculas de agua y los grupos hidroxilo presentes en los compuestos fenólicos (Salehi *et al.*, 2019). Diversos estudios (Pereira *et al.*, 2019; Salehi *et al.*, 2020) han demostrado que los compuestos fenólicos muestran una mayor solubilidad en solventes polares como el agua en comparación con solventes orgánicos menos polares. Además, el agua es considerada como un solvente seguro, económico y ampliamente disponible para la extracción de compuestos bioactivos, lo que la convierte en una opción preferida en muchas investigaciones.

Es por ello por lo que el uso del agua como solvente de extracción favorece la solubilización de compuestos fenólicos debido a su polaridad y su capacidad para interactuar con los grupos funcionales presentes en estos compuestos (Carullo *et al.*, 2020).

8.2. Actividad antioxidante y antimicrobiana de los extractos

De acuerdo con los objetivos específicos, a los extractos obtenidos y que presentaron los mayores contenidos de compuestos fenólicos, se les determinó la actividad antioxidante y antimicrobiana.

8.2.1. Actividad antioxidante

La presencia de compuestos antioxidantes en las plantas se relaciona estrechamente con sus propiedades medicinales y su acción terapéutica, ya que estos compuestos tienen la capacidad de neutralizar los radicales libres derivados del oxígeno, los cuales están implicados en el desarrollo de numerosas enfermedades (Arnao et al., 2012). No existe un método universal y simple para determinar la actividad antioxidante de los extractos obtenidos de las plantas, aunque los métodos más utilizados en modelos *in vitro* incluyen DPPH, ABTS y FRAP (Torrenegra et al., 2019). En este estudio se determinó la capacidad antioxidante de los extractos acuosos por la técnica que utiliza el radical libre 2,2-difenil-1-picrilhidrazilo, conocido como DPPH.

La habilidad de los extractos para captar el radical DPPH se muestra en la Tabla 7. Los resultados obtenidos muestran una diferencia significativa en la capacidad antioxidante entre los extractos de hojas y frutos de *P. dioica*. La concentración de 777.754 mmoles de Trolox por cada 100 g de extracto seco en los extractos de frutos indica una capacidad antioxidante considerablemente mayor en comparación con los extractos de hojas, que registraron una concentración de 125.03 mmoles de Trolox por cada 100 g de extracto seco. Esta diferencia en la capacidad antioxidante entre los extractos de hojas y frutos puede atribuirse a las diferencias en la composición química de estos tejidos vegetales (Velázquez-Martínez et al., 2016). Los frutos suelen ser ricos en compuestos fenólicos, como flavonoides y ácidos fenólicos, que son conocidos por sus propiedades antioxidantes (Regino & Rengifo, 2021). Por otro lado, los extractos de hojas pueden contener diferentes perfiles de compuestos bioactivos, que podrían no ser tan potentes en términos de actividad antioxidante en comparación con los presentes en los frutos (Guija et al., 2015). Además, las condiciones de crecimiento de la planta, el estado de madurez de los frutos y hojas utilizado, influyen en la composición de los compuestos antioxidantes presentes en los extractos (Velandia, 2021).

Tabla 7. Capacidad antioxidante evaluada por el metodo de DPPH para los extractos de hohas y frutos de *P. dioica*

Extracto Acuoso	Actividad Antioxidante DPPH (mmoles de Trolox/ g de extracto seco)
Hoja	125.03 ± 10.6 ^a
Fruto	777.754 ± 22.3 ^b

Se presentan la media ± desviación estándar de los datos (n=3) letras distintas representan diferencias significativas de acuerdo con la prueba de Tukey (p<0.05).

8.2.2. Actividad antimicrobiana

Actualmente se ha incrementado el interés por el uso de extractos naturales como alternativa para el control de bacterias patógenas (López-Pantoja, 2007). En la *P. dioica*, se han encontrado componentes fenólicos como el eugenol, metil-eugenol y beta-cariofileno, los cuales han sido considerados antimicrobianos en estudios *in-vitro* por Carías (2017), Sánchez-Zarate, *et al.* (2020), Trineeva *et al.* (2020) y aún más recientemente por Achimon *et al.* (2021).

En este trabajo, se evaluó la actividad antimicrobiana de los extractos acuosos de hojas (H1 y H2) y frutos (F1 y F2) de *P. dioica*, a dos dosis (10 y 70 µL de extracto), sobre el crecimiento de bacterias gram positivas y gram negativas, por el método de difusión en disco; los resultados obtenidos se muestran en la Figura 6, en donde observamos las diferencias significativas (p<0.05) para la sensibilidad de las bacterias a las diferentes dosis y extractos evaluados. En dicho gráfico se puede ver que los extractos obtenidos de hojas, probados a la dosis de 70 µL, presentaron el mayor porcentaje de inhibición contra las bacterias Gram positivas, *B. cereus*, *S. aureus*, *B. subtilis* y *L. monocytogenes*; así como sobre la bacteria Gram negativa, *S. typhi*. Siendo la bacteria *L. monocytogenes* la que presentó el mayor porcentaje de inhibición contra el antibiótico amikacina.

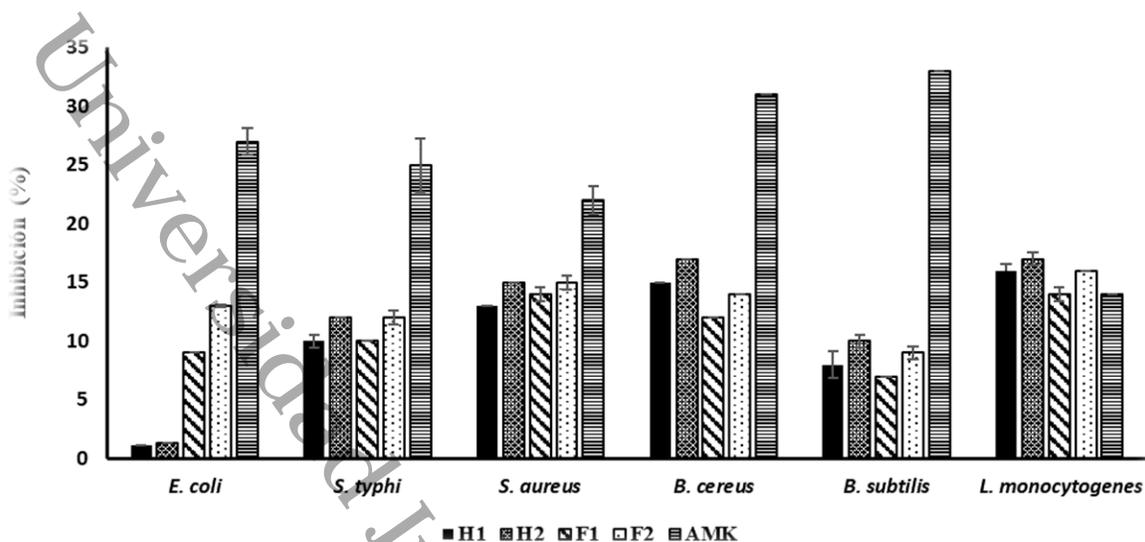


Figura 6. Actividad antimicrobiana de los extractos acuosos de hojas (H1 y H2) y frutos (F1 y F2) contra bacterias patógenas.

Por otra parte, la determinación de la concentración mínima inhibitoria es la forma común para reportar la efectividad de los aceites esenciales o extractos como agentes antimicrobianos (Felizardo, et al., 2021). Los resultados obtenidos en este estudio para la concentración mínima inhibitoria de los extractos de hojas y frutos de pimienta se presentan en la Tabla 8.

Tabla 8. Concentración mínima inhibitoria de extractos de hojas y frutos de *Pimenta dioica*, a las concentraciones de 10 y 70 mg/mL, en bacterias gram positivas y gram negativas

Extracto	<i>S. typhimurium</i> ATCC14028	<i>E. coli</i> ATCC 25922	<i>L. monocytogenes</i> CFQ-103	<i>S. aureus</i> ATCC 6538	<i>B. subtilis</i> ATCC 6639	<i>B. cereus</i> ATCC 11778
10 mg/mL						
Hoja	----	----	----	----	----	----
Fruto	----	----	----	----	----	----
70 mg/mL						
Hoja	200	----	100	200	400	----
Fruto	75	----	150	300	150	----

Por sus siglas reconocidas en inglés ATCC= Colección Americana de Cultivos, CMI= Concentración Mínima Inhibitoria en mg/mL.

En esta Tabla 8 se puede observar que, al igual que para el método de difusión en disco, los extractos obtenidos de hojas de pimienta a la dosis de 70 μ L presentaron la mayor sensibilidad frente a las bacterias Gram positivas *S. aureus*, *B. subtilis* y *L. Monocytogenes.*, así como para las bacterias Gram negativas de *S. typhi*. Siendo su actividad bacteriostática, como fue también previamente reportado por Sánchez (2020) y Cowan (1999), quienes indicaron que los extractos acuosos poseen compuestos antimicrobianos no fenólicos, responsables de inhibir el crecimiento de estas bacterias.

8.3. Formulación del embutido tipo chorizo

Severiano-Pérez (2019) señala que para aumentar el consumo de diversos productos es necesario recolectar y analizar la información acerca del comportamiento, gustos y preferencias de los posibles consumidores. En este estudio, de acuerdo con el diseño experimental, se prepararon cinco formulaciones que se sometieron a los procesos de elaboración, ahumado o madurado, teniendo un total de 10 productos embutidos que fueron evaluados por los potenciales consumidores.

Los atributos evaluados en los tratamientos se presentan en la Tabla 9. Se observaron diferencias significativas entre los tratamientos en cuanto al color, olor, sabor, textura y aceptabilidad general del producto. Para el atributo de color, los tratamientos CceGceM (6.9 ± 1.6) y CcoGcoM (6.5 ± 1.8) obtuvieron las puntuaciones más altas y bajas respectivamente, con diferencias significativas entre ellos y los demás tratamientos. En cuanto al olor, el tratamiento CcoGcoA (7.8 ± 1.2) fue el mejor evaluado, mientras que CcoM (7.3 ± 1.7) obtuvo una puntuación similar pero ligeramente inferior. Por otro lado, CcoGceM (6.5 ± 1.6) fue el tratamiento con la puntuación más baja en este atributo.

Para el sabor, el tratamiento CceGcoA (7.7 ± 1.3) recibió la puntuación más alta, seguido de cerca por CcoGcoA (7.5 ± 1.5) y CcoGceA (7.4 ± 1.5). En contraste, CceGceA (6.0 ± 2.2) mostró la puntuación más baja en esta característica. En relación con la textura, CcoGcoA (7.7 ± 1.0) y CcoGcoM (6.1 ± 1.9) fueron los tratamientos mejor y peor evaluados respectivamente. En términos de aceptabilidad general, los tratamientos CcoGcoA (7.7 ± 1.2) y CcoGcoM (6.3 ± 1.7) recibieron las puntuaciones más altas y bajas respectivamente. Estas diferencias resaltan la influencia significativa de los diferentes tratamientos en la percepción de los atributos sensoriales del producto final.

Tabla 9. Calificaciones sensoriales obtenidas para cada una de las formulaciones evaluadas del embutido tipo chorizo

Tratamiento	Atributos evaluados				
	Color	Olor	Sabor	Textura	Aceptabilidad general
CcoA	7.4 ± 1.6 ^{bcd}	7.3 ± 1.5 ^a	6.8 ± 1.8 ^{ab}	7.4 ± 1.3 ^{cd}	7.1 ± 1.8 ^{abc}
CcoGcoA	7.6 ± 1.2 ^{cd}	7.8 ± 1.2 ^b	7.5 ± 1.5 ^b	7.7 ± 1.0 ^d	7.7 ± 1.2 ^c
CcoGceA	7.9 ± 0.8 ^{cd}	7.8 ± 1.1 ^b	7.4 ± 1.5 ^b	7.2 ± 1.6 ^{bcd}	7.6 ± 1.3 ^{bc}
CceGcoA	8.0 ± 0.9 ^d	7.8 ± 1.1 ^b	7.7 ± 1.3 ^b	7.5 ± 1.4 ^{cd}	7.7 ± 1.3 ^c
CceGceA	7.7 ± 1.9 ^{cd}	7.1 ± 1.4 ^a	6.0 ± 2.2 ^b	6.3 ± 2.0 ^{bcd}	6.5 ± 2.0 ^{bc}
CcoM	7.3 ± 1.7 ^{abcd}	7.3 ± 1.7 ^{ab}	7.3 ± 1.7 ^b	7.3 ± 1.4 ^{cd}	7.3 ± 1.5 ^{abc}
CcoGcoM	6.5 ± 1.8 ^a	6.6 ± 1.6 ^a	6.6 ± 1.9 ^{ab}	6.1 ± 1.9 ^a	6.3 ± 1.7 ^a
CcoGceM	6.6 ± 1.6 ^{ab}	6.5 ± 1.6 ^a	6.8 ± 1.5 ^{ab}	6.6 ± 1.6 ^{abc}	6.7 ± 1.6 ^{ab}
CceGcoM	7.7 ± 1.9 ^{cd}	7.1 ± 1.4 ^{ab}	6.0 ± 2.2 ^a	6.3 ± 2.0 ^{ab}	6.5 ± 2.0 ^a
CceGceM	6.9 ± 1.6 ^{abc}	7.2 ± 1.6 ^{ab}	7.1 ± 2.0 ^{ab}	6.9 ± 1.8 ^{abcd}	7.3 ± 1.7 ^{abc}

Medias con diferente letra en la misma columna son significativamente diferentes entre sí ($p < 0.05$). A=Ahumado, M= Madurado; Cco=Carne de cordero; Gco=Grasa de cordero; Cce=Carne de cerdo; Gce=Grasa de cerdo.

En este estudio al comparar la aceptación respecto a los procesos ahumado contra madurado se obtuvo la mayor aceptabilidad para los embutidos ahumados en comparación con los madurados. Argote, Villada y Argote (2009) a través de una investigación de mercado comparando diferentes presentaciones de carne, obtuvieron mayor nivel de aceptabilidad para la carne por el proceso de ahumado, a través del proceso de ahumado se permite mantener las características organolépticas de los productos, además de mejorar el sabor de estos. De igual manera, Romero *et al.* (2013) mostraron que los productos cárnicos obtenidos por el proceso de ahumado presentan altos contenidos de proteína.

8.4. Determinar la concentración del extracto en el embutido

Después de evaluar la actividad antioxidante y antimicrobiana de las hojas y frutos de *P. dioica*, se seleccionó el extracto acuoso obtenido de las hojas por presentar alto contenido total de fenoles, así como actividad antioxidante y antimicrobiana en comparación con los extractos etanólicos y acuosos obtenidos de los frutos. Además, se optó por utilizar la formulación elaborada con carne y grasa de cordero obtenida mediante el proceso de ahumado (CcoGcoA), la cual demostró ser la más aceptada por los consumidores.

En la Figura 7 se muestran los histogramas de frecuencia de las respuestas aportadas por los 110 jueces no entrenados y posibles consumidores, para el nivel de agrado en cada uno de los atributos sensoriales considerados (aroma, textura, sabor, succulencia y aceptación global), para cada una de las formulaciones evaluadas: (a) tratamiento testigo, sin la adición de extracto, (b) embutido elaborado con 1000 ppm de extracto acuoso de hoja de pimienta, (c) embutido elaborado con 3000 ppm de extracto y (d) producto elaborado con 5000 ppm de extracto. En dicha Figura puede verse que las respuestas obtenidas para el nivel de agrado en los tratamientos testigo (a) y con 1000 ppm de extracto (b), se concentran en el valor de 9, para todos los atributos evaluados, que de acuerdo con la escala hedónica de 9 puntos utilizada correspondería a la respuesta de “Me gusta muchísimo”, excepto para la succulencia, cuyas respuestas para el tratamiento testigo se concentran en el valor de ocho “Me gusta mucho”, en comparación con el tratamiento adicionado con 1000 ppm de extracto, en cuyo caso se obtiene un mayor nivel de agrado.

En tanto que las respuestas obtenidas para el nivel de agrado de los tratamientos adicionados con 3000 (c) y 5000 ppm del extracto de hoja de pimienta (d), se concentran en el valor de 8, para todos los atributos evaluados, esto es “Me gusta mucho”. Estos resultados sugieren que la adición de 1000 hasta 5000 ppm de extractos de hojas de *P. dioica* en los embutidos es factible, ya que no afecta negativamente la aceptación por parte de los posibles consumidores. Otro estudio también respalda esta idea, demostrando que la adición de extracto acuoso de hoja de *P. dioica* en una concentración de 1000 ppm mejora la aceptación de hamburguesas de carne de cordero (Sánchez-Zarate, 2020). De acuerdo con Lara et al. (2011) y Fernández et al. (2016) la adición de extractos de plantas no compromete las propiedades sensoriales de los productos cárnicos.

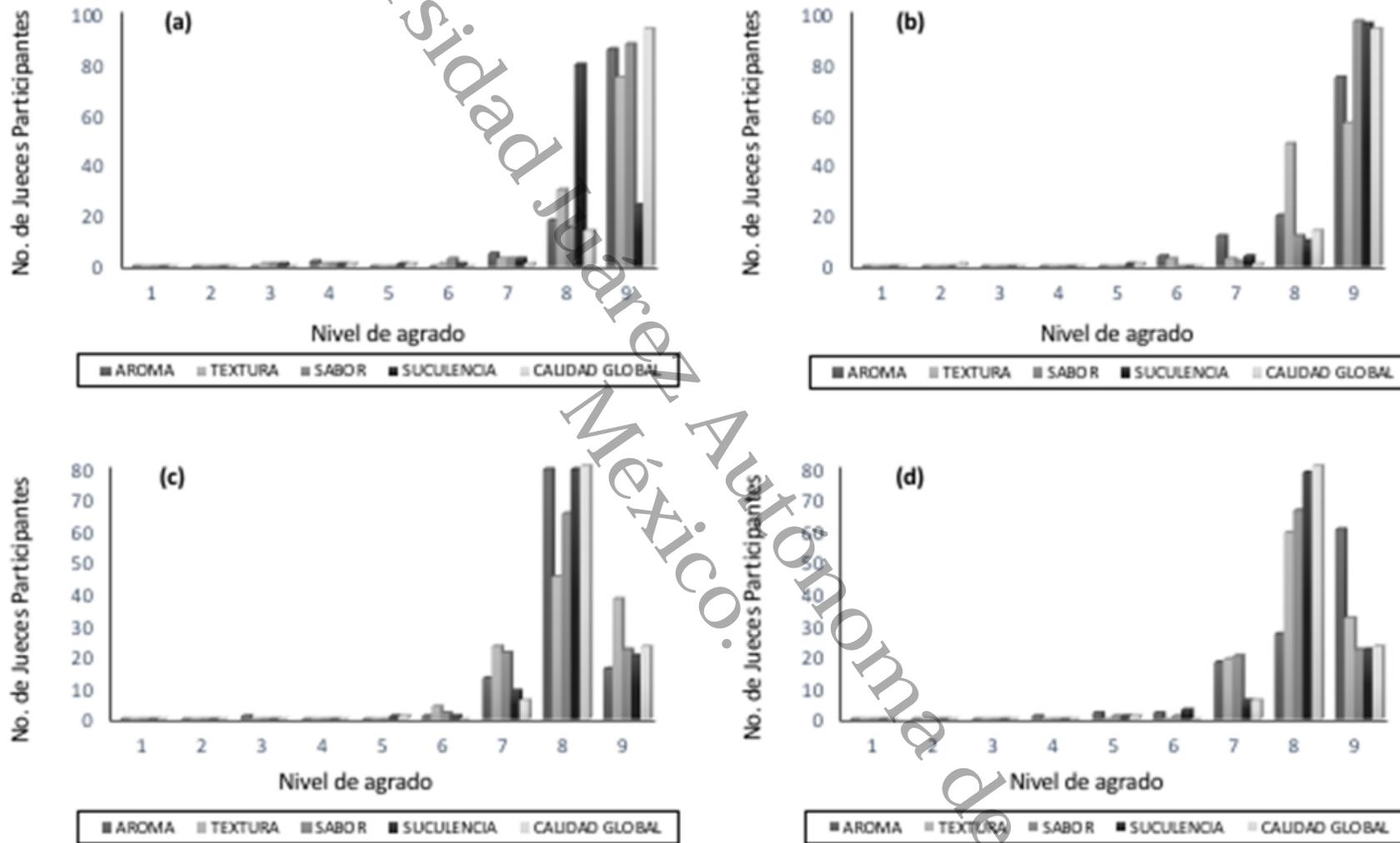


Figura 7. Histogramas de frecuencia de las respuestas aportadas por los 110 jueces no entrenados para el nivel de agrado en cada uno de los atributos sensoriales considerados, para cada una de las formulaciones evaluadas. (a) Tratamiento testigo, sin la adición de extracto, (b) embutido elaborado con 1000 ppm de extracto acuoso de hoja de pimienta, (c) embutido elaborado con 3000 ppm de extracto y (d) producto elaborado con 5000 ppm de extracto.

Sánchez-Zárate et al. (2020) evaluaron también el nivel de agrado de la adición de extractos acuosos de hojas de pimienta (250, 500 y 1000 ppm) en hamburguesas de carne de cordero por consumidores potenciales del producto; encontrando diferencias significativas ($P < 0.05$) entre las concentraciones estudiadas y el tratamiento testigo, sin extracto. De manera que su adicción, mejoró los atributos de sabor, aroma, textura, succulencia y aceptación global, en comparación con el producto elaborado sin la adición de extracto; siendo además la concentración de 1000 ppm la que obtuvo las mayores calificaciones en todos los atributos, con valores superiores a 7 y que corresponden a un “Me gusta moderadamente” en la escala utilizada. Estos resultados son concordantes con los obtenidos por nuestro grupo de trabajo, al utilizar 1000 ppm de extracto acuoso de *Pimenta dioica* L. en los embutidos tipo chorizo.

Así también, el análisis estadístico de los resultados obtenidos para el nivel de agrado de los atributos sensoriales considerados (aroma, textura, sabor, succulencia y aceptación global), en relación con cada una de las formulaciones evaluadas (tratamiento testigo y embutidos adicionados con 1000, 3000 y 5000 ppm de extracto acuoso de hoja de pimienta), reveló diferencias significativas ($P < 0.05$) en todos los atributos sensoriales. Estos resultados se presentan de manera detallada en la Tabla 10.

Se observa que 1000 ppm de extracto acuoso de hoja en el embutido de cordero mejora notablemente su succulencia en comparación con el tratamiento testigo, mientras que los demás atributos sensoriales permanecen sin cambios significativos en su nivel de agrado. Sin embargo, al aumentar la concentración del extracto (3000 y 5000 ppm), se observa una disminución en el nivel de agrado en todos los atributos sensoriales evaluados, en comparación con los tratamientos testigo y adicionado con 1000 ppm. Además, no se encontraron diferencias significativas en el nivel de agrado entre los tratamientos de 3000 y 5000 ppm de extracto añadido para ninguno de los atributos evaluados. Al examinar los valores medios obtenidos para el nivel de agrado de los atributos considerados en cada una de las formulaciones evaluadas, se destaca que, a pesar de las diferencias significativas entre los tratamientos, todos los productos elaborados, tanto con o sin extracto, alcanzaron valores medios de aceptación entre 8 y 9. Estos valores corresponden a niveles de agrado definidos entre "Me gusta mucho" y "Me gusta muchísimo", lo que sugiere un alto potencial de consumo entre la población para los tres tipos de embutidos elaborados con extracto acuoso

de hojas de pimienta. Por lo tanto, 1 hasta 5 g de extracto acuoso de hojas de *P. dioica* en los embutidos no tiene un efecto negativo en la aceptación por parte de los consumidores potenciales del producto.

Tabla 10. Valores medios para el nivel de agrado de los embutidos elaborados a diferentes concentraciones de extracto de hoja de Pimenta dioica L.

Atributos	Tratamientos			
	Testigo*	Extracto hoja de <i>Pimenta dioica</i> L.		
		1000 ppm	3000 ppm	5000 ppm
Aroma	8.65 ^a	8.49 ^{ab}	7.96 ^c	8.25 ^{bc}
Textura	8.55 ^a	8.43 ^a	8.06 ^b	8.12 ^b
Sabor	8.63 ^a	8.85 ^a	7.97 ^b	7.97 ^b
Suculencia	8.06 ^b	8.80 ^a	8.05 ^b	8.06 ^b
Aceptación global	8.77 ^a	8.75 ^a	8.13 ^b	8.13 ^b

Cada valor representa la media de 110 determinaciones; dentro de la misma fila letras distintas representan diferencias significativas de acuerdo con la prueba de Tukey ($p < 0.05$). *Tratamiento testigo, preparado con carne y grasa de cordero, sin extracto.

8.5. Análisis bromatológicos de los embutidos

La composición de las diferentes muestras de chorizos se presenta en la Tabla 11. El contenido de humedad no mostró diferencias significativas ($p < 0,05$) con respecto a la muestra testigo, se mantuvo estadísticamente constante durante el tiempo de almacenamiento, sin embargo, los valores obtenidos en la muestra testigo fueron de 54.84% en el tiempo cero y 56.78% a los 120 días de almacenamiento. Se observó que la concentración de humedad no fue afectada por la adición de extractos de hojas de *Pimenta dioica* L. Los valores se mantuvieron entre 55.12% a 55.45%, datos mayores se indicaron en muestras de chorizos comerciales (57.6% y 67.4%) (Morales et al., 2023). Así también en un estudio realizado por Cobos et al., (2014) indicó que las muestras de chorizo elaboradas con carne de cordero muestran el 41.89% de humedad, y en muestra de chorizo con carne de cerdo y res presentando el 61.61% (Martínez & Viana 2012). González-Tenorio et al. (2013) demostraron que los embutidos como el chorizo elaborado en México presentan variaciones en su contenido de humedad y la mayor parte pertenece al grupo de los embutidos semisecos, presentando porcentajes de humedad entre el 40 y 50%. Estos estudios demuestran que el porcentaje de humedad obtenido en esta investigación es adecuado en este tipo de productos.

Tabla 11. Composición química básica de muestras de chorizo con extractos de Pimienta dioica durante los días de almacenamiento

Muestras de chorizo	Tiempo de almacenamiento (días)	Humedad (%)	Cenizas (%)	Proteína (%)	Grasa (%)	Extracto Libre de Nitrógeno (%)
Testigo	0	54.84 ± 0.004 ^{a1}	2.02 ± 0.04 ^{ab1}	16.89 ± 0.56 ^{a1}	2.38 ± 1.39 ^{a1}	23.87 ± 0.58 ^{b1}
	30	55.09 ± 0.05 ^{a1}	1.95 ± 0.01 ^{b12}	14.61 ± 0.86 ^{a1}	2.37 ± 0.19 ^{a1}	25.98 ± 0.99 ^{a1}
	90	55.14 ± 0.04 ^{a1}	1.92 ± 0.01 ^{b2}	14.06 ± 0.60 ^{a1}	2.36 ± 0.23 ^{a1}	26.52 ± 0.63 ^{a1}
	150	56.78 ± 2.58 ^{a1}	1.77 ± 0.05 ^{a3}	13.76 ± 0.32 ^{a2}	2.33 ± 0.49 ^{a1}	25.35 ± 2.60 ^{b1}
1000 ppm	0	55.12 ± 0.004 ^{a1}	1.80 ± 0.01 ^{b1}	14.61 ± 0.86 ^{b1}	2.33 ± 0.03 ^{ab1}	26.14 ± 0.91 ^{ab2}
	30	55.11 ± 0.001 ^{a1}	1.73 ± 0.02 ^{d1}	13.43 ± 0.06 ^{a1}	2.26 ± 0.01 ^{a1}	27.47 ± 0.07 ^{a12}
	90	54.80 ± 0.000 ^{a1}	1.70 ± 0.02 ^{c1}	13.24 ± 0.31 ^{a1}	2.03 ± 0.48 ^{a1}	28.23 ± 0.23 ^{a12}
	150	52.02 ± 2.63 ^{a1}	1.52 ± 0.33 ^{a1}	13.11 ± 0.68 ^{a1}	1.98 ± 0.20 ^{a1}	31.37 ± 2.52 ^{a1}
5000 ppm	0	55.45 ± 0.48 ^{a1}	1.95 ± 0.19 ^{ab1}	14.06 ± 0.60 ^{b1}	2.35 ± 0.35 ^{ab1}	26.19 ± 1.26 ^{ab1}
	30	55.36 ± 0.65 ^{a1}	1.80 ± 0.03 ^{c1}	13.44 ± 0.25 ^{a1}	2.32 ± 0.05 ^{a12}	27.07 ± 0.44 ^{a1}
	90	54.79 ± 1.56 ^{a1}	1.74 ± 0.002 ^{c1}	12.95 ± 0.61 ^{a1}	2.25 ± 0.02 ^{a23}	28.27 ± 2.06 ^{a1}
	150	54.62 ± 0.41 ^{a1}	1.72 ± 0.43 ^{a1}	12.86 ± 0.21 ^{a1}	2.23 ± 1.001 ^{a3}	28.57 ± 0.25 ^{ab1}
Aditivos	0	54.96 ± 0.13 ^{a1}	2.26 ± 0.11 ^{a1}	13.76 ± 0.38 ^{b1}	2.30 ± 0.04 ^{b1}	26.72 ± 2.66 ^{a1}
	30	54.96 ± 0.13 ^{a1}	2.06 ± 0.01 ^{a1}	13.60 ± 0.33 ^{a1}	2.24 ± 0.007 ^{a2}	27.15 ± 0.69 ^{a1}
	90	54.82 ± 0.01 ^{a1}	2.06 ± 0.03 ^{a1}	12.85 ± 0.63 ^{a1}	2.23 ± 0.015 ^{a2}	28.04 ± 1.54 ^{a12}
	150	54.15 ± 0.000 ^{a1}	1.78 ± 0.47 ^{a1}	12.53 ± 0.16 ^{a1}	2.22 ± 0.020 ^{a2}	29.32 ± 4.86 ^{ab2}

Los valores indican la media (n = 3) ± desviación estándar. ^{a-d}Medias con letras diferentes, en cada columna, se vieron afectadas significativamente por el tiempo de maduración (p <0.05); ¹⁻³ medias con diferentes números, fueron significativamente diferentes entre muestras de queso en un tiempo de maduración similar (p <0.05).

Los resultados del contenido de cenizas mostraron diferencias significativas ($p < 0.05$) tanto entre los distintos tratamientos (2.02% a 2.26%), como entre los diferentes tiempos de almacenamiento (1.77-1.78%). Las muestras de chorizos enriquecidas con aditivos comerciales presentaron los niveles más altos de cenizas (2.26%), en contraste con la muestra testigo (2.02%) y las muestras enriquecidas con extractos de hojas de *P. dioica* (1.80% y 2.06%). Es importante destacar que los aditivos comerciales utilizados incluyeron sorbato de potasio, nitrito de sodio, acetato de sodio, eritorbato de sodio y fosfato de sodio, compuestos por macrominerales esenciales para el organismo, lo que podría explicar el incremento observado en comparación con la muestra testigo.

Se observaron diferencias significativas ($p < 0.05$) en el contenido de proteína entre los tratamientos, con una disminución del 2.28% y 2.86% al adicionar extractos acuosos de hojas de pimienta en comparación con la muestra testigo. Sin embargo, las muestras de chorizo enriquecidas con aditivos comerciales exhibieron los niveles más bajos de proteína. Hernández-García et al. (2018) señalan un valor aceptable de proteína para este tipo de productos del 14.09%, como se refleja en las tablas de composición de alimentos (Universidad Nacional de Luján, 2010), con referencias específicas para el chorizo alrededor del 13% (Duran-Mendoza et al., 2018). Los valores obtenidos en esta investigación son compatibles con los estándares para productos elaborados con carne de cordero y enriquecidos con extractos acuosos de pimienta. Además, se observó una disminución significativa ($p < 0.05$) en los niveles de proteína durante el almacenamiento. González-Tenorio et al. (2012) indican que la cantidad de proteína influye en la calidad de los chorizos, aumentando las propiedades funcionales de ligado de la grasa.

En cuanto al contenido de grasa, se encontraron diferencias estadísticas entre la muestra testigo (2.38%) y la muestra con aditivos comerciales (2.30%). Sin embargo, las muestras enriquecidas con extractos acuosos de pimienta registraron una disminución significativa (2.33% y 2.35%) con respecto a la muestra testigo. Aunque todos los valores fueron menores que los reportados por Morales-Cruz et al. (2023) en chorizos comerciales (21.6%) y tecnológicos (5.1%). Estos resultados confirman el efecto positivo de la carne de cordero en la reducción significativa de los niveles de grasa en este tipo de productos altamente calóricos, como también señalan Duran-Mendoza et al. (2018).

8.6. Efecto antioxidante del extracto en el embutido tipo chorizo

La oxidación de lípidos se analizó en los chorizos elaborados con carne de cordero almacenados a 4°C usando el método de destilación de TBARS. Como se observa en la Figura 8, en todos los tratamientos hubo incremento ($p < 0.05$) en los valores de TBARS a través del tiempo, pero en los chorizos elaborados sin la adición de extractos (Tes), la oxidación fue mayor comparada con los otros tres tratamientos adicionados con 1000 ppm (P1) y 5000 ppm (P5) de extracto acuoso de hojas de *P. dioica* y aditivos comerciales (A), desde el inicio y hasta el final del periodo de almacenamiento ($p < 0.05$).

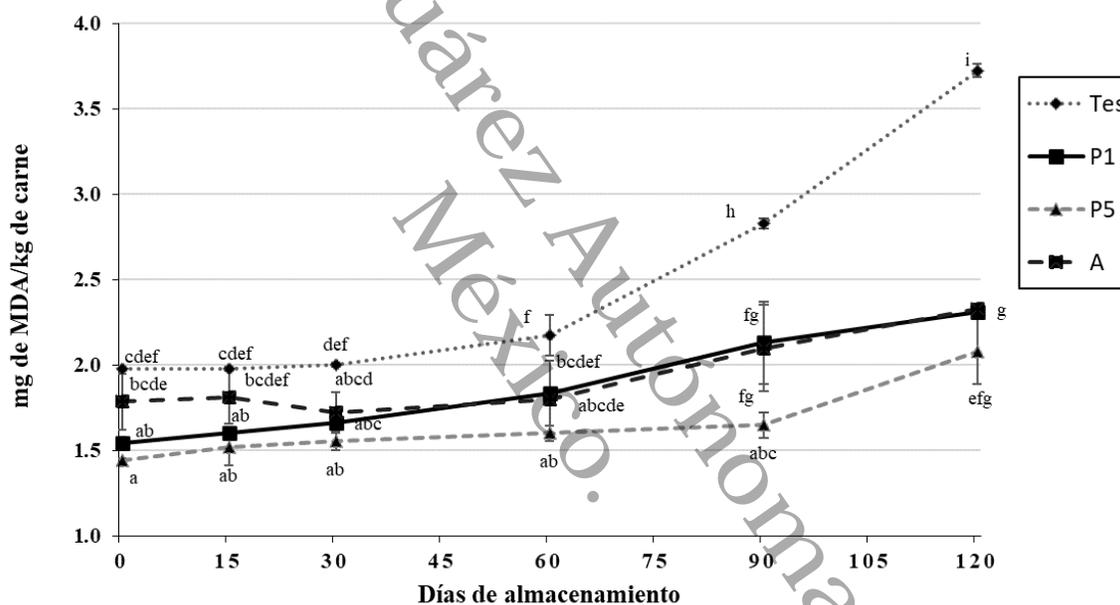


Figura 8. Efecto de la oxidación de lípidos sobre el deterioro en los embutidos durante el tiempo de almacenamiento.

El extracto de hoja en una concentración de 1000 ppm (P1) y la muestra adicionada con aditivos comerciales (A) presentaron la misma capacidad para reducir la oxidación lipídica en los chorizos de cordero, ya que no se encontraron diferencias ($p > 0.05$) entre los tratamientos a los 30 hasta 120 días de almacenamiento. La muestra con 5000 ppm de extracto hoja (P5) presentó la menor inhibición durante el tiempo de almacenamiento comparado con los otros tratamientos (2 mg MDA/kg). Para Soldatou *et al.* (2009), la

rancidez en carne de cordero solo puede detectarse cuando los valores de TBARS son mayores a 4.40 mg MDA/kg, en este estudio todos los tratamientos se encontraron debajo de este valor. Así mismo, Ozer y Sariçoban (2010) indica que valores de 1.65 mg MDA/kg es el valor máximo que no afecta la salud de los consumidores, en los tratamientos evaluados P5 es el tratamiento que cumple con este valor indicado, al igual que los otros tres superan este límite. Sin embargo, Wenjiao *et al.* (2013) indican que la rancidez en productos cárnicos se da cuando los valores de TBARS son superiores a 2 mg MDA/kg y en este sentido el tratamiento sin extracto (Tes) supera el límite indicado, pero el efecto de los extractos de hojas de pimienta en una concentración de 1000 ppm y aditivos comerciales se encuentran debajo de este valor indicado por un tiempo de almacenamiento de 75 días, y el extracto de hoja de pimienta en una concentración de 5000 ppm hasta por 120 días.

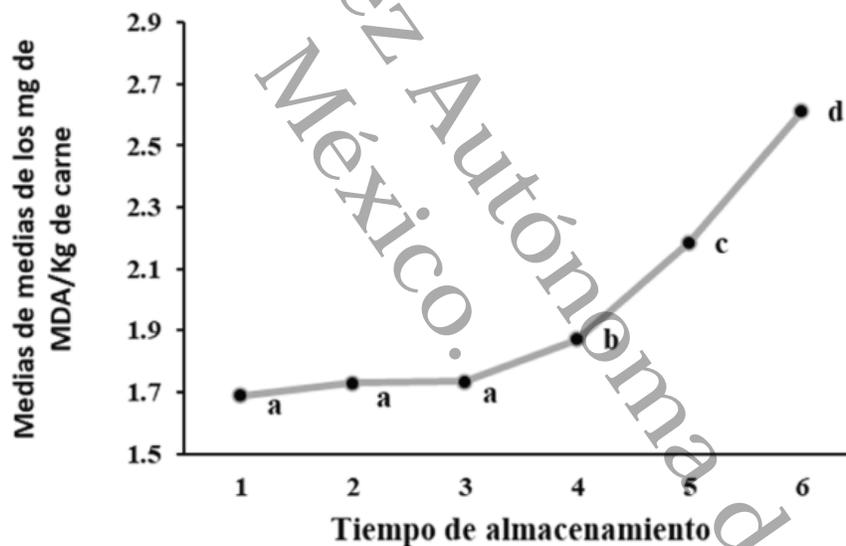


Figura 9. Efecto del tiempo de almacenamiento para todos los tratamientos sobre la oxidación de los lípidos evaluados como TBARS

En la Figura 9 se observa que los tiempos 1, 2 y 3 (0, 15 y 30 días de almacenamiento), fueron significativamente iguales para todas las muestras de chorizo, mientras que en los tiempos 4, 5 y 6 (60, 90 y 120 días de almacenamiento), muestran el aumento en la concentración de malonaldehído. Así también, en la Figura 10 se muestra el comportamiento general de todos los tratamientos evaluados, como ya ha sido descrito por

algunos autores, la rancidez es detectada cuando se incrementa la concentración MDA. En este sentido, el tratamiento que presentó los menores valores de MDA es la muestra de chorizo adicionado con 5000 ppm de extracto acuoso de hoja de pimienta (T5 en la Figura 9).

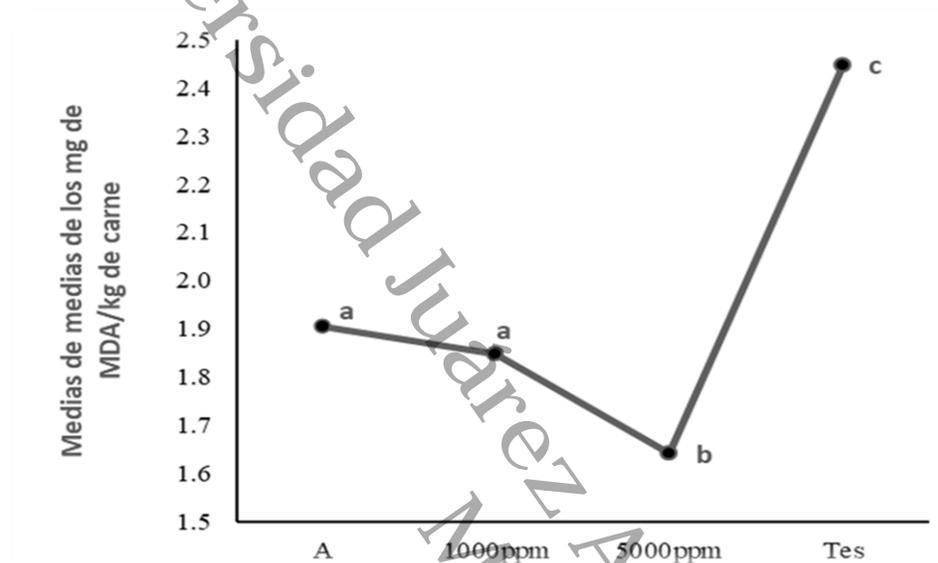


Figura 10. Efecto de los diferentes tratamientos evaluados sobre la oxidación de los lípidos evaluados como TBARS en donde A= muestra de chorizo con aditivos comerciales; 1000 ppm = muestra de chorizo con 1000 ppm de extracto de hoja; 5000 ppm = muestra de chorizo con 5000 ppm de extracto de hoja; Tes = muestra de chorizo si extracto ni aditivos comerciales

8.7. Efecto antimicrobiano del extracto en el embutido tipo chorizo

La evolución de los conteos (UFC/g) de la cuenta viable total (mesófilos aerobios), coliformes totales y hongos permiten evaluar la calidad microbiológica del producto.

La NOM-213-SSA1-2018 establece un límite microbiológico que separa la buena calidad (<100) de la calidad defectuosa (>10,000) y la calidad marginalmente aceptable (100 y 10,000). En la Figura 11 se presentan los tratamientos evaluados durante el tiempo de almacenamiento, todos los tratamientos se encuentran dentro del límite permitido <10,000 UFC/g. Sin embargo, la tendencia muestra que los chorizos con aditivos comerciales y 1000 ppm de extracto no muestra diferencias ($p < 0.05$), comparado con el control quien presenta

la mayor carga microbiana, siendo el chorizo con 5000 ppm quien mostro la menor carga de bacterias.

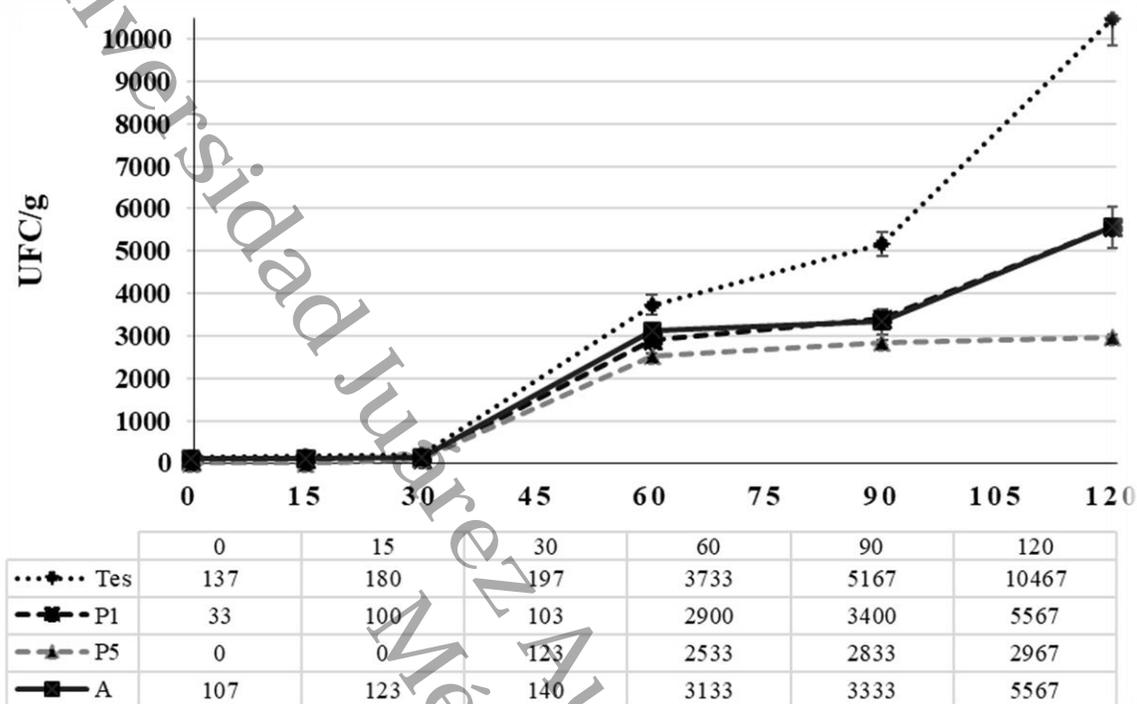


Figura 11. Evolución de UFC/g para mesófilos aerobios en los embutidos

Por otro lado, el límite permisible para hongos está indicado por la NOM-122-SSA1-1994, la cual establece una carga menor a 10 UFC/g. En la Figura 12 se muestra el efecto de los tratamientos con respecto al tiempo, en el cual durante los primeros 30 días se muestra una carga <10 UFC/g. Sin embargo, la NOM-213-SSA1-2018 no presenta un límite para los hongos.

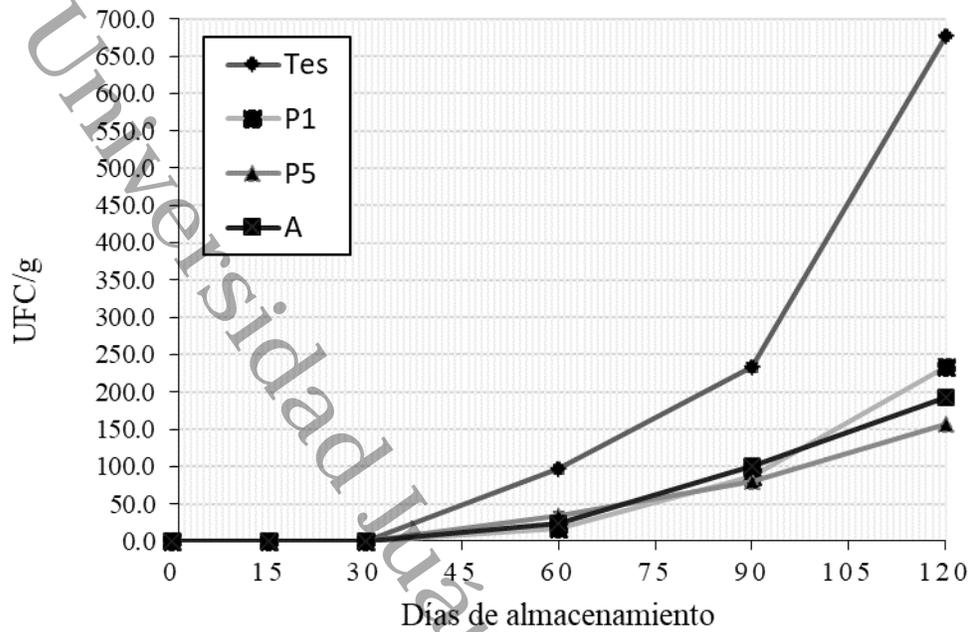


Figura 12. Evolución de UFC/g para hongos en los embutidos.

La evolución de UFC/g muestra que los extractos de hojas tienen un efecto positivo en la conservación de los embutidos. Marchese *et al.* (2017) señalan que el eugenol ha mostrado una excelente actividad antimicrobiana en estudios, siendo activo contra hongos y una amplia gama de bacterias gram negativas y gram positivas. Achimón *et al.* (2021) analizaron la composición química de la *Pimenta dioica* L. reportando 16.7 % de eugenol y 53.1 % metileugenol.

CONCLUSIONES

Los extractos acuosos de las hojas de *P. dioica* L. presentaron el mayor contenido de compuestos fenólicos y la mayor actividad antimicrobiana contra las bacterias patógenas gram positivas *L. monocytogenes*, *Bacillus cereus*, *Staphylococcus aureus* y *Bacillus subtilis*, así como contra la gram negativa *Salmonella tify*.

De las formulaciones del embutido tipo chorizo, los productos ahumados y preparados con grasa de cordero presentaron la mayor aceptación, mientras que aquellos adicionados con 1000 ppm del extracto acuoso de hojas de *P. dioica*, presentaron la misma aceptación que los elaborados sin el extracto.

La adición del extracto acuoso de hojas de *P. dioica* al embutido tipo chorizo elaborado con carne y grasa de cordero, influyó significativamente en su composición proximal.

El extracto acuoso de hojas de *P. dioica* a la concentración de 1000 ppm en los embutidos demostró ser igualmente eficaz que los aditivos comerciales evaluados en este trabajo, tanto para reducir la oxidación de la grasa, como para inhibir el crecimiento microbiano.

A la concentración de 5000 ppm, el extracto de hojas de *P. dioica* demostró ser todavía más eficaz que los aditivos comerciales probados, en la reducción de la oxidación lipídica en los embutidos y en la inhibición del crecimiento microbiano.

El extracto acuoso de hojas de *P. dioica* puede ser utilizado en la conservación de los embutidos de carne de cordero, con la misma eficacia o mayor que los aditivos comerciales, en función de la concentración utilizada.

PERSPECTIVAS

Debido a que se observaron cambios en la composición química de los embutidos en función de las concentraciones de extractos, se podrían realizar investigaciones adicionales para determinar las concentraciones óptimas que maximizan la actividad antioxidante y antimicrobiana sin comprometer otras propiedades sensoriales y nutricionales.

Aunque esta investigación abarcó un periodo de 120 días de almacenamiento, sería valioso realizar estudios de estabilidad a un plazo aún más largo para evaluar la efectividad de los extractos de *P. dioica* en condiciones de almacenamiento prolongado y variabilidad en las condiciones ambientales.

Esta investigación se podría extender a otros tipos de productos cárnicos para proporcionar información valiosa sobre la versatilidad de los extractos de *P. dioica* en la conservación de una variedad de productos, desde butifarras hasta salchichas.

Así también se podrían considerar realizar estudios de mercado y evaluación de la aceptación del consumidor para entender cómo los productos enriquecidos con extractos de *P. dioica* podrían ser recibidos en el mercado. Esto podría incluir la educación del consumidor sobre los beneficios para la salud asociados con estos productos.

Profundizar en la investigación de los mecanismos de acción de los compuestos presentes en los extractos podría proporcionar una comprensión más profunda de cómo interactúan con los lípidos y microorganismos, lo que podría tener implicaciones en la formulación de productos.

Se podrían explorar oportunidades de colaboración con la industria alimentaria para llevar a cabo pruebas a mayor escala y evaluar la viabilidad económica y práctica de implementar estos extractos a nivel industrial.

Estas perspectivas pueden contribuir a ampliar el impacto de esta investigación y proporcionar información adicional para la implementación práctica de los extractos de *P. dioica* en la industria alimentaria.

BIBLIOGRAFÍA

- Achimón, F., Brito, V. D., Pizzolitto, R. P., Sanchez, A. R., Gómez, E. A., & Zygadlo, J. A. (2021). Chemical composition and antifungal properties of commercial essential oils against the maize phytopathogenic fungus *Fusarium verticillioides*. *Revista Argentina de Microbiología*, 53(4), 292–303.
- Aguilar, Astudillo, E., Rodríguez Hernández, C., Bravo Mojica, H., Soto Hernández, R. M., Bautista Martínez, N., & Guevara Hernández, F. (2019). Efecto insectistático de extractos etanólicos de clavo y pimienta en *Trialeurodes vaporariorum* West (Hemiptera: Aleyrodidae). *Acta Zoológica Mexicana*, 35(Nueva serie).
- Alminderej, F., Bakari, S., Almundarij, T., Snoussi, M., Aouadi, K., & Kadri, A. (2020). Antioxidant activities of a new chemotype of *Piper cubeba* L. fruit essential oil (methyl eugenol / eugenol): In silico molecular docking and ADMET studies. *Plants*, 9(11), 1534.
- Álvarez Olmedo, E. (2021). Proyecto de una industria de elaboración de jamones blancos curados ubicada en Villanubla (Valladolid) [Tesis de grado, Universidad de Valladolid, Escuela Técnica Superior de Ingenierías Agrarias].
- Arnao, I., Suárez, S., Cisneros, R., & Trabucco, J. (2012). Evaluación de la capacidad antioxidante de los extractos acuosos de la raíz y las hojas de *Smallanthus sonchifolius* (yacón). *Revista de la Sociedad Química del Perú*, 78(2), 120–125.
- Argote, F. E., Villada, H. S., & Argote, H. A. (2009). Investigación de mercado sobre el grado de aceptación de la carne de cuy (*Cavia porcellus*) en presentaciones de ahumado, croquetas y apanado en la ciudad de Pasto. *Bioteología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 7(1), 55-66.
- An, X., Hu, Y., Wang, N., Zhou, Z., & Liu, Z. (2019). Concentración continua de jugo mediante la integración de la ósmosis directa con la destilación por membrana utilizando el conservante de sorbato de potasio como soluto de extracción. *Journal of Membrane Science*, 573, 192–199.

- Andújar, G., Pérez, D., & Venegas, O. (2003). *Química y bioquímica de la carne y los productos cárnicos*. Editorial Universitaria. Ciudad de La Habana, Cuba. 125p.
- Aumeeruddy-Elalfi, Z., Gurib-Fakim, A., & Mahomoodally, F. (2015). Antimicrobial, antibiotic potentiating activity and phytochemical profile of essential oils from exotic and endemic medicinal plants of Mauritius. *Industrial Crops and Products*, 71, 197–204.
- Ayala-Armijos, H., García González, C., Sánchez-Prado, R., Jirón-Velez, Y., & Espinoza-Ramón, W. (2016). Efecto de la adición de ácido ascórbico en la degradación de nitratos y nitritos en mortadela. *Revista Ciencia Unemi*, 9(1), 85–92.
- Ayala Vargas, C. (2015). Importancia nutricional de la carne. *Revista de Investigación e Innovación Agropecuaria y de Recursos Naturales*, 5, 54–61.
- Ayuso Martin, M. D. (2020). *Composición nutricional de la carne de cordero lechal: revisión sistemática* [Tesis de grado, Universidad de Valladolid, Facultad de Medicina].
- Barros Gomes, P. R., da Silva Barros Junior, F. R., Batista Reis, J., Oliveira Everton, G., Santos de Oliveira, R. W., Costa Louzeiro, H., ... & Mouchrek Filho, V. E. (2020). Chemical composition and biological activity of the essential oil of the fruits *Pimenta dioica* against formae speciales of fungus *Fusarium oxysporum*. *Revista colombiana de ciencias químico-farmacéuticas*, 49(1), 89–100.
- Bautista, E., & Flores, A. (2020). Verificación del cumplimiento de las normas para materias primas utilizadas en la elaboración de productos derivados cárnicos. @ Limentech, *Ciencia y Tecnología Alimentaria*, 16(2), 32–49.
- Begic, S., Horozic, E., Alibasic, H., Bjelic, E., Seferovic, S., Kozarevic, E. C., & Softic, M. (2020). Antioxidant Capacity and Total Phenolic and Flavonoid Contents of Methanolic Extracts of *Urtica dioica* L. by Different Extraction Techniques. *International Research Journal of Pure and Applied Chemistry*, 21(23), 207–214.
- Belles, M., Alonso, V., Roncales, P., & Beltran, J. A. (2017). Effect of borage and green tea aqueous extracts on the quality of lamb leg chops displayed under retail conditions. *Meat Science*, 120, 153–160.
- Binstok, G. F. (1998). *Reacciones entre sorbatos y nitritos en sistemas cárnicos* (Doctoral dissertation, Universidad de Buenos Aires. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales).

- Bobadilla-Soto, E. E., Ochoa-Ambriz, F., & Perea-Peña, M. (2021). Dinámica de la producción y consumo de carne ovina en México 1970 a 2019. *Agron. Mesoam*, 32(3), 963–982.
- Brand-Williams, W., Cuvelier, M. E., & Berset, C. (1995). Use of a Free Radical Method to Evaluate Antioxidant Activity. *LWT - Food Science and Technology*, 28, 25–30.
- Calderón Sánchez, B. S., & Giler Pín, Y. E. (2019). Uso de vegetales como sustitutos de conservantes en la elaboración de embutidos (chorizo) (Bachelor's thesis, Universidad de Guayaquil. Facultad de Ingeniería Química).
- Cali Chasi, G. C. (2015). Determinación de la concentración residual durante las etapas de nitrito de sodio de elaboración almacenamiento de cinco productos cárnicos y (Salchicha de pollo, mortadela especial, salchicha paisa, longaniza, chorizo salchipincho) de la planta de alimentos PIGGIS embutidos PIGEM Cía. Ltda. y su incidencia sobre el tiempo de vida útil (Doctoral dissertation, Universidad Técnica de Ambato. Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos. Carrera de Ingeniería en Alimentos).
- Calle Díaz, A. B. (2021). Desarrollo de un método analítico para determinar la pureza del ácido ascórbico, ascorbato de sodio y eritorbato de sodio para la empresa “La Italiana” (Bachelor's thesis, Universidad del Azuay).
- Carías Villela, K. F. (2017). Evaluación del rendimiento de la extracción y caracterización fisicoquímica del aceite esencial obtenido de las hojas y frutos de la pimienta gorda (*Pimenta dioica* (L.) Merrill), cultivada en Alta Verapaz y Petén realizado a escala laboratorio (Doctoral dissertation, Universidad de San Carlos de Guatemala).
- Carullo, G., Cappello, A. R., Frattaruolo, L., Badolato, M., Armentano, B., Aiello, F., ... & Saturnino, C. (2020). Phenolic compounds as natural and synthetic anticancer agents: recent advances. *Future Medicinal Chemistry*, 12(15), 1413–1432.
- Cedeño Ortiz, O. A., & Vera Ponce, J. J. (2017). Determinación del tipo de preservante apto para la preservación del jugo de zanahoria [Tesis doctoral, Universidad Laica “Eloy Alfaro” de Manabí Extensión Chone, Ingeniero en Alimentos].

- Chambi, L., Quiroz, K. (2017). Extracción de aceite esencial de tomillo (*thymus vulgaris* L.) y su evaluación aplicada a la conservación de embutidos tipo chorizo [Tesis, Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa]. <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/2542>
- Chauhan, N., Farooq, U., & Khan, M. (2017). Eficacia de plantas medicinales contra patógenos humanos aislados del Himalaya occidental de Himachal Pradesh. *Asian J Pharm Clin Res*, 10(9), 353–357.
- Cobos Velasco, J. E., Soto Simental, S., Hayde Alfaro Rodríguez, R., Aguirre Álvarez, G., Rosa Rodríguez Pastrana, B., González Tenorio, R., de, A. (2014). Evaluación de parámetros de calidad de chorizos elaborados con carne de conejo, cordero y cerdo, adicionados con fibra de trigo. *Nacameh*, Vol. 8, No.1.
- Codex Alimentarius. (2019). *Norma General para los aditivos alimentarios*.
- Cózar, A. (2018). Calidad de derivados cárnicos (hamburguesas) elaborados con carne de cordero: efecto del tipo de formulación, la especia añadida y el sistema de preservación (Doctoral dissertation, Universidad de Castilla-La Mancha).
- Cruz-Bacab, L., Baeza-Mendoza, L., Pérez-Robles, L., & Martínez-Molina, I. (2018). Evaluación sensorial de embutido tipo chorizo a base de carne de conejo. *Abanico Veterinario*, 8(1), 102–111.
- Dehghan, P., Mohammadi, A., Mohammadzadeh-Aghdash, & Dolatabadi, J. E. N. (2018). Pharmacokinetic and toxicological aspects of potassium sorbate food additive and its constituents. *Trends in Food Science & Technology*, 80, 123–130.
- Díaz Díaz, R. M., & Mejía Medrano, Sandra J Huerta de Mora, Octavio J Huerta Acha, E. A. (2009). Óxido nítrico: la diversidad de sus efectos sistémicos. *Revista Científica Ciencia Médica*, 12(1), 35–38.

- Durán-Mendoza, T., González-Pérez, M., Cruz-Leyva, M. C. González-de la Cruz, U., Cuenca-Soria, C. A., Pérez-Sánchez, C. C. (2018). Análisis del efecto de la adición de fibra cítrica del bagazo de la naranja en las propiedades nutrimentales y sensoriales de un embutido y determinación de la calidad microbiológica. *European Scientific Journal* (en línea), Vol. 14, No. 18, consultada por Internet el 08 de abril del 2023. Dirección de internet: <https://doi.org/10.19044/esj.2018.v14n18p14>.
- Evangelista-Martínez, Z., Reyes-Vázquez, N., & Rodríguez-Buenfil, I. (2018). Antimicrobial evaluation of plant essential oils against pathogenic microorganisms: In vitro study of oregano oil combined with conventional food preservatives. *Acta Universitaria*, 28(4), 10–18.
- FAO, F. and A. O. (2019). *Grupos de productos*.
- Felizardo, M. G., Pereira, A. P., De Lima, T., De Sousa, T., Guterres, C. V, Oliveira, J. P., & Everton, G. O. (2021). Perfil químico, estabilidad y actividad fungicida de la nanoemulsión de aceite en agua (O / A) incorporada con aceite esencial de Ba-har. *Ciência e Natura*, 43–57.
- Flores-Mancheno, D., & Salgado-Tello, T. P. (2017). Caracterización de la carne de cuy (*Cavia porcellus*) para utilizarla en la elaboración de un embutido fermentado. *Ciencia y Agricultura*, 14(1), 39–45.
- Fodil, S., Delgado, J., Varvaro, L., Yaseen, T., & Rodriguez, A. (2018). Effect of potassium sorbate (E-202) and the antifungal PgAFP protein on *Aspergillus carbonarius* growth and ochratoxin A production in raisin simulating media. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 98(15), 5785–5794.
- Galindo de León, E. E. (2019). Formulación de productos alimenticios: queso y embutidos tuliando la oleorrecina de la hoja y fruto de la pimienta gorda (*Pimenta dioica* (L.) Merrill), proveniente de Alta Vepearaz y Petén (Doctoral dissertation, Universidad de San Carlos de Guatemala).
- García Barquero, M. E., Solís Rivera, L. R., & Zúñiga Umaña, A. A. (2020). Analysis of market segments for lamb meat consumption (*ovis orientalis aries*) in the Great Metropolitan Area of Costa Rica. *Agronegocios*, 6(2), 1–18.

- González Cruz, M. (2019). Estrategia comercial para pequeños productores de pimienta gorda de la sierra norte de Puebla (Master's thesis, Universidad Autónoma Chapingo).
- Gore, M., Raut, D., & Aruna, K. (2021). Actividad antimicrobiana de pimienta dioica (L.) merr. hojas y su actividad sinérgica con ampicilina contra los aislados clínicos productores de blee. *Revista de Microbiología, Biotecnología y Ciencias de Los Alimentos*, 653.
- Goula, A. M., & Adamopoulos, K. G. (2012). A new technique for the extraction of phenolics from winery wastes using reverse osmosis. *Journal of Food Engineering*, 111(1), 85-89.
- Granados, L. L. (2021). Desarrollo de un empaque postcosecha a partir de residuos de piña. Recuperado de: <http://hdl.handle.net/20.500.12010/19705>.
- Guija-Poma, Emilio, Inocente-Camones, Miguel Ángel, Ponce-Pardo, John, & Zarzosa-Norabuena, Edwin. (2015). Evaluación de la técnica 2,2-Difenil-1-Picrilhidrazilo (DPPH) para determinar capacidad antioxidante. *Horizonte Médico (Lima)*, 15(1), 57-60. Recuperado en 29 de agosto de 2023, de http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1727-558X2015000100008&lng=es&tlng=es.
- Hamill, R., & Botineştean, C. (2016). Meat: Structure. In *Encyclopedia of Food and Health* (pp. 701–710).
- Hernandez, W. P., Brodmeier, J. ., Saes, M. F., Sanchez, G. P., Diaz, A. P., Ospina, D., & Olivero, L. M. (2018). Elaboración de productos embutidos a base de pulpa de Macabí. *International Journal of Management Science & Operation Research*, 3(1), 64–68.
- Jia, W., Wu, X., Li, R., Liu, S., & Shi, L. (2021). Effect of nisin and potassium sorbate additions on lipids and nutritional quality of Tan sheep meat. *Food Chemistry*, 365, 130–535.
- Jiménez-Edeza, M., Castillo-Burgos, M., Germán-Báez, L., & Castañeda-Ruelas, G. (2020). Venta a granel de embutidos: una tendencia de comercialización asociada al riesgo de enfermedades transmitidas por alimentos en Culiacán, México. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 11(3), 848–858.

- Jiménez-Penago, G., González-Garduño, R., Martínez-Bolaños, L., Maldonado-Siman, E., Cruz-Tamayo, A. A., & Mendoza-de Gives, P. (2021). In vitro anthelmintic activity of *Pimenta dioica* and *Origanum vulgare* essential oils on gastrointestinal nematodes from sheep and cattle. *Journal of Parasitic Diseases*, 45(3), 1–9.
- Jimenez, F. (2016). *Principios basicos de elaboracion de embutidos* (pp. 4–89).
- Lainez Ascencio, F. E. (2017). Influencia de los nitritos en la aparición del cáncer de estómago en los usuarios en los usuarios del Centro de salud 8 de Guayaquil de noviembre del 2017 a enero del 2018 (Doctoral dissertation, Universidad de Guayaquil-Ciencias Médicas-Carrera de Enfermería).
- Lamarque, A., & Maestri, D. C. (2009). Fundamentos teórico-prácticos de química orgánica. Editoriales brujas.
- Leines Medina, D., Hernández Benavides, D. M., Hernández Aguilar, J. A., & Rodríguez Acosta, E. (2018). Embutidos de conejo, un producto alimenticio de mayor aporte nutricional. *Revista de Divulgación Científica y Tecnológica*, 4(1), 21–30.
- Lobos O, I., & Pavez A, P. (2018). Rescate, valorización y utilización de los subproductos del cordero en la gastronomía de la Patagonia Norte de Chil. In *Análisis sensorial de productos elaborados utilizando los subproductos del cordero de la patagonia norte de chile*. (p. 67).
- Lopez, L., Herrera, P., Cordero, V. D., Arias, Z. A., & Ramirez, E. (2021). ¿El Jamón de pavo es tan saludable como pensamos?: NOM-051-SCFI/SSA-2010. *Educación Y Salud Boletín Científico Instituto De Ciencias De La Salud Universidad Autónoma Del Estado De Hidalgo*, 9(18), 126–128.
- Lowe, H., Daley, D., Lindo, J., Davis, C., Rainford, L., Hartley, S., Watson, C., Chambers, C., Reynolds-Campbel, G., R. Foster, S., Bahadoosingh, P., & Thoms-Rodriguez, C. (2017). The antibacterial and antifungal analysis of crude extracts from the leaves and bark of *Pimenta* species found in Jamaica. *Journal of Medicinal Plants Research*, 11(38), 591–595.
- Lugo, E. B. (2008). Nitritos y Nitratos: Su uso, control y alternativas en embutidos cárnicos. *Nacameh*, 2(2), 160–187.

- Manfugás, J. E. (2020). Capítulo 2. El análisis sensorial. Principios básicos para su realización. In *Evaluación sensorial de los alimentos. Editorial Universitaria (Cuba)*. (pp. 11–17).
- Martínez, L., Bastida, P., Castillo, J., Ros, G., & Nieto, G. (2019). Green alternatives to synthetic antioxidants, antimicrobials, nitrates, and nitrites in clean label Spanish chorizo. *Antioxidants*, 8(6), 184.
- Martínez Montes, Y., & Viana, B. (2012). Elaboración de chorizos de carne de res y de cerdo con adición de proteasas (bromelina) (Doctoral dissertation, Universidad de Cartagena).
- Martinelli, L., Rosa, J. M., Ferreira, C. D. S. B., Nascimento, G. M. D. L., Freitas, M. S., Pizato, L. C., ... & Granato, A. C. (2017). Antimicrobial activity and chemical constituents of essential oils and oleoresins extracted from eight pepper species. *Ciência Rural*, 47.
- Mazon, N. V. C., Hermida, C. E. C., Yacelga, J. C. S., Machado, E. R. R., Murillo, P. L. G., & Mena, M. E. C. (2018). Uso de pruebas afectivas, discriminatorias y descriptivas de evaluación sensorial en el campo gastronómico. *Dominio de Las Ciencias*, 4(3), 253–263.
- Mirás Vázquez, I. (2019). Estudio de la población de bacterias ácido lácticas en un embutido cárnico mediante MALDI TOF [Tesis de grado, Universidad de Valladolid, Facultad de Medicina].
- Morales Cruz, J. ., González Arellano, M. ., Cruz Guillen, F. ., Esparza García, V. ., & Santos Agüero, E. . (2023). Caracterización proximal, sensorial y microbiológica de un chorizo elaborado en el Instituto Tecnológico Superior Zacatecas Norte y un Chorizo comercial, para su comparación. *Investigación y Desarrollo en Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 8(1), 485–490. <https://doi.org/10.29105/idcyta.v8i1.65>
- Murali, V., Devi, V., Parvathy, P., & Murugan, M. (2021). Phytochemical screening, FTIR spectral analysis, antioxidant and antibacterial activity of leaf extract of *Pimenta dioica* Linn. *Today's Materials: Minutes*, 45, 2166–2170.

- Olivas-Aguirre, F. J., González-Aguilar, G. A., & López-Díaz, J. A. (2018). The role of phenolic compounds in the fight against cancer—A review. *Food Science and Technology International*, 24(5), 361-375.
- Organización Mundial de la Salud. (2015). Datos y cifras sobre las enfermedades de transmisión alimentaria.
- Palmetti, N. (2020). *La Sal Saludable: Los Mitos: la Hipertensión y la Sal Del Mesa. la Medicina de la Sal de Roca y Del Agua de Mar*. Editorial Iniciática Etikar.
- Patino Ochoa, B. A. (2021). Elaboración de una línea de embutidos a base de carne de borrego y garbanzo, para la ciudad de Quito [Doctoral dissertation, Universidad Nacional de Ingeniería Boliviana, Escuela de Posgrado].
- Pereira, C. G., Meireles, M. A. A., & Couto, R. O. (2019). Supercritical fluid extraction of phenolic compounds: A review. *The Journal of Supercritical Fluids*, 152, 104526.
- Pereira, M. L., & Ramirez, B. D. G. (2021). Nitratos y nitritos, la doble cara de la moneda. *Revista de Nutrición Clínica y Metabolismo*, 4(1).
- Pérez, C. (2018). Carne de cordero: beneficios y propiedades. *Natursan*.
- Pérez Rodríguez, Y., Valdés Herrera, R., Guerra de León, J. O., Madruga Suarez, M., & Castellanos González, L. (2020). Extractos de Pimenta dioica, Callistemon citrinus y Syzygium malaccense sobre Sitophilus oryzae. *Centro Agrícola*, 47(2), 75–83.
- Perlo, F., Fabre, R., Bonato, P., Jenó, C., Tissoco, O., & Teira, G. (2019). Uso de extracto de romero y ácido ascórbico en la conservación refrigerada de carne de cerdo. *Revista Ciencia, Docencia y Tecnología*, 31(60), 208–227.
- Pinto Guerra, J. M. (2019). Elaboración de un embutido cárnico fresco de pasta gruesa bajo en sodio, utilizando sustitutos del cloruro de sodio (Bachelor's thesis, Quito; UCE).
- Qu, D., Jiang, M., Huang, D., Zhang, H., Feng, L., Chen, Y., Zhu, X., Wang, S., & Han, J. (2019). Synergistic Effects of The Enhancements to Mitochondrial ROS, p53 Activation and Apoptosis Generated by Aspartame and Potassium Sorbate in HepG2 Cells. *Molecules*, 24(3), 457.

- Quinchuela Salazar, G. K. (2016). Utilización de la carne de ovino corriedale (*Ovis aries*) como materia prima para la elaboración de chorizo cervecero como una nueva alternativa gastronómica 2015 (Bachelor's thesis, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo).
- Radu-Rusu, C., Ioan Mircea, P., Frunza, G., & Simeanu, D. (2019). On the presence of potassium sorbate (e202) in certain food products and beverages. *Artículos Científicos: Serie D, Ciencia Animal: Sesión Internacional de Comunicaciones Científicas de La Facultad de Ciencia Animal*, 62(2).
- Regino, A., Rengifo, R., García, M., Martínez, J., & Sánchez, E. (2021). Evaluation of the antioxidant activity of *Pimenta dioica* (L.) Merr. extracts in in vitro models. *Journal of Plant Research*, 28(3), 321-335.
- Rocchetti, G., Senizza, B., Rowland, I., & Lucini, L. (2020). Phenolic fraction from green coffee (*Coffea arabica* L.): Isolation, identification and analysis by chromatographic and spectroscopic techniques. *Foods*, 9(7), 864.
- Rojas González, L. M. (2020). Análisis de los criterios de percepción sobre la calidad de la carne de ovino de los transformadores de Capulhuac, Estado de México (Tesis de licenciatura). Universidad Autónoma del Estado de México.
- Romero, M. C., Romero, A. M., Doval, M. M., & Judis, M. A.. (2013). Nutritional value and fatty acid composition of some traditional Argentinean meat sausages. *Food Science and Technology*, 33(1), 161–166
- Salehi, B., Sharifi-Rad, J., Quispe, C., Llaique, H., Villalobos, M., Santini, A., ... & Sharopov, F. (2019). Insights into solvent selection for the extraction of phenolic compounds from *Moringa oleifera* leaves. *Molecules*, 24(8), 1487.
- Salehi, B., Armstrong, L., Rescigno, A., Yeskaliyeva, B., Seitimova, G., Beyatli, A., ... & Sharopov, F. (2020). Phenolic compounds in honey and their associated health benefits: A review. *Molecules*, 25(9), 2197.
- Sánchez-García, E., Castillo-Hernández, S. L., & García-Palencia, P. (2016). Actividad antimicrobiana. *En: Rivas-Morales, C., Oranday-Cardenas, M.A. Investigación En Plantas de Importancia Médica*, 77–100.

- Sánchez-Zarate, A., Hernández-Gallegos, M. A., Carrera-Lanestosa, A., López-Martínez, S., Chay-Canul, A. J., Esparza-Rivera, J. R., & Velázquez-Martínez, J. R. (2020). Antioxidant and antibacterial activity of aqueous, ethanolic and acetonc extracts of *Pimenta dioica* L. leaves. *International Food Research Journal*, 27(5).
- Severiano-Pérez, P. (2019). ¿Qué es y cómo se utiliza la evaluación sensorial? *Inter disciplina*, 7(19), 47-68.
- Solares Ramírez, A. D. (2020). Formulación de productos cosméticos a partir de aceite esencial de hojas y frutos de la pimienta dioica (*Pimenta dioica* (L) Merrill), proveniente de tres niveles altitudinales de Alta Verapaz y Petén (Doctoral dissertation, Universidad de San Carlos de Guatemala).
- Stewart, T. M. A., Lowe, H. I., & Watson, C. T. (2016). Quantification and characterization of *Pimenta dioica* (Allspice) essential oil extracted via hydrodistillation, solvent and super critical fluid extraction methodologies. *American Journal of Essential Oils and Natural Products*, 4(3), 27-30.
- Suk-Nam, L., Park, H., Kim, S., Choi, J., & Lee, J. (2013). "Comparación de la actividad antioxidante de extractos de frutos y hojas de *Pimenta dioica* (L.) Merr.". *Journal of Nutritional Science*, 18(4), 210-225.
- Tobón Marín, J. F. (2016). Estandarización de los procesos de pesos de embutido, pesos de empaques y mermas del tratamiento térmico en la planta de derivados cárnicos de Porcicarnes, Antioqueña de Porcinos SAS (Doctoral dissertation, Corporación Universitaria Lasallista).
- Torrenegra Alarcón, M. E., Granados Conde, C., & León Méndez, G. (2019). Extracción, caracterización y actividad antioxidante del aceite esencial de *Eucalyptus globulus* Labill. *Revista Cubana de Farmacia*, 52(1), e266.
- Trineeva, O., Slivkin, A., & Safonova, E. (2020). Determinación de la actividad antioxidante de los extractos de hojas de ortiga por varios métodos. *Desarrollo y Registro de Fármacos*, 9(3), 59–66.

- Valdez Balseca, D. F. (2020). Evaluación de tres tipos de harinas: soya (*Glycine max*), Yuca (*Manihot esculenta*), Trigo (*Triticum*) en la elaboración de Salchicha Pollo (Bachelor's thesis, Universidad Estatal Amazónica).
- Varela, O. E. T., Amecameca, C. U. U., Ayala, E. E., Molina, O. M., García, P. A. H., & García, J. A. (2018). Estudio geocomercial para el anclamiento de empresas de embutidos en el municipio de Chalco, Estado de México. *Flash Drive*, 289. ISSN 2168-0612 (Impreso). ISSN 1941-9589 (En línea).
- Velasco, J. E. C., Simental, S. S., Rodríguez, R. H. A., Álvarez, G. A., Pastrana, B. R. R., & Tenorio, R. G. (2014). Evaluación de parámetros de calidad de chorizos elaborados con carne de conejo, cordero y cerdo, adicionados con fibra de trigo. *Nacameh*, 8(1), 50-64.
- Velandia, L., Gómez, M., Rodríguez, A., Martínez, J., & Sánchez, E. (2021). "Análisis de la capacidad antioxidante y contenido fenólico de extractos de hojas de *Pimenta dioica* (L.) Merr.". *Journal of Food Science*, 40(2), 87-94.
- Velázquez-Sámamo, G., Collado-Chagoya, R., Cruz-Pantoja, R. A., Velasco-Medina, A. A., & Rosales-Guevara, J. (2019). Reacciones de hipersensibilidad a aditivos alimentarios. *Revista alergia México*, 66(3), 329-339.
- Velázquez-Martínez, J. R., López-García, M., Hernández-Sánchez, E., Pérez-Rodríguez, A., & Gutiérrez-Cárdenas, E. (2016). "Capacidad antioxidante de los extractos de frutos y hojas de *Pimenta dioica* (L.) Merr. y su relación con el contenido de compuestos fenólicos". *Revista de Ciencias Agrícolas*, 33(1), 45-52.
- Villalobos-Delgado, L. H., Caro, I., Blanco, C., Bodas, R., Andres, S., Giraldez, F. J., & Mateo, J. (2015). Effect of the addition of hop (infusion or powder) on the oxidative stability of lean lamb patties during storage. *Small Ruminant Research*, 125, 73-80.
- Villegas, G. O. (2019). Determinación de nitratos por espectrofotometría UV-visible en productos cárnicos. Universidad Nacional de Cuyo. Facultad de Ciencias Agrarias.
- Walter, M., Pedronel, A., & Peláez, A. (2011). Actividad Fungicida e Insecticida de Emulsiones Agua/Aceite de Mezclas de Extractos de *Nicotiana tabacum*, *Azadirachta indica* y *Eucalyptus tereticornis*. *Información Tecnológica*, 23(1), 139-151.

Yenket, R. (2011). Understanding methods for internal and external preference mapping and clustering in sensory analysis. Doctoral dissertation. Manhattan, Kansas.

Zambrano Muñoz, A. E. (2022). Extracto de hojas de ortiga (*Urtica dioica*) como agente antimicrobiano aplicado en una longaniza artesanal en el cantón Chone (Bachelor's thesis, Calcuta: ESPAM MFL).

Zárate, A. S. (2019). Conservación de hamburguesas de carne de cordero con extracto crudo de *Pimenta dioica* L. (Tesis de Licenciatura, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco).

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.
México.

ANEXOS

Formato utilizado en la investigación para el embutido tipo chorizo madurado.

FORMATO PARA EVALUACIÓN SENSORIAL

Sexo: _____ Edad: _____
Producto: Embutido Tipo Chorizo Fecha: _____

Pruebe por favor cada una de las muestras y califique cada uno de los atributos con la puntuación que corresponda a su nivel de agrado (el que mejor describa su reacción para cada uno de los atributos).

Puntuación	Nivel de agrado
9	Me gusta muchísimo
8	Me gusta mucho
7	Me gusta moderadamente
6	Me gusta poco
5	No me gusta ni me disgusta
4	Me disgusta poco
3	Me disgusta moderadamente
2	Me disgusta mucho
1	Me disgusta muchísimo

Atributo	Clave de muestra				
	118	182	318	184	518
Color					
Olor					
Sabor					
Textura					
Aceptabilidad General					

Comentarios

¡MUCHAS GRACIAS!

Formato utilizado en la investigación para el embutido tipo chorizo ahumado.

FORMATO PARA EVALUACIÓN SENSORIAL

Sexo: _____ Edad: _____

Producto: Embutido Tipo Chorizo Ahumado Fecha: _____

Pruebe por favor cada una de las muestras y califique cada uno de los atributos con la puntuación que corresponda a su nivel de agrado (el que mejor describa su reacción para cada uno de los atributos).

Puntuación	Nivel de agrado
9	Me gusta muchísimo
8	Me gusta mucho
7	Me gusta moderadamente
6	Me gusta poco
5	No me gusta ni me disgusta
4	Me disgusta poco
3	Me disgusta moderadamente
2	Me disgusta mucho
1	Me disgusta muchísimo

Atributo	Clave de muestra				
	119	192	319	194	519
Color					
Olor					
Sabor					
Textura					
Aceptabilidad General					

Comentarios

¡MUCHAS GRACIAS!

Alojamiento de la Tesis en el Repositorio Institucional	
Título de Tesis:	Conservación de embutido tipo chorizo elaborado con carne de cordero, enriquecido con extracto de pimienta (<i>Pimenta dioica</i> L.)
Autor(a) o autores(ras) de la Tesis:	I.A. Ana Lidia Sánchez Cerino Dra. Angélica Alejandra Ochoa Flores Dr. Alfonso Juventino Chay Canul
ORCID:	https://orcid.org/0000-0001-8014-4917
Resumen de la Tesis:	<p>El crecimiento microbiano y la oxidación lipídica son las principales causas del deterioro de la carne y los productos cárnicos; para su control se emplean antimicrobianos y antioxidantes sintéticos, pero los consumidores demandan cada vez más el uso de aditivos naturales. El objetivo del trabajo fue determinar la conservación de un embutido tipo chorizo elaborado con carne de cordero, enriquecido con extracto de <i>Pimenta dioica</i> L. Para ello, se obtuvieron extractos acuosos y etanólicos de hojas y frutos de pimienta, a los que se evaluó su contenido de fenoles totales, actividad antioxidante y antimicrobiana. Por otra parte, se formularon diez embutidos con carne (C) y grasa (G), de cerdo (ce) o cordero (co), que se sometieron a los procesos de ahumado (A) o madurado (M): CcoA, CcoGceA, CcoGcoA, CceGcoA, CceGceA, CcoM, CcoGceM, CeoGcoM, CceGcoM y CceGceM, y se evaluó su aceptación sensorial por medio de una escala hedónica de 9 puntos. En una siguiente fase, se elaboraron embutidos con la formulación CcoGcoA, adicionados con 0, 1000, 3000 y 5000 ppm del extracto acuoso de hojas de pimienta, para determinar también su aceptación sensorial. Finalmente, se elaboraron embutidos con CcoGcoA, con la adición de 0, 1000 y 5000 ppm del extracto acuoso de hojas de pimienta, y uno más con aditivos comerciales; a los que se realizaron análisis bromatológicos, microbiológicos y de oxidación lipídica, durante su almacenamiento. Los resultados indicaron un mayor contenido de compuestos fenólicos y una mayor actividad antimicrobiana en los extractos acuosos de las hojas de pimienta, en comparación con los del fruto ($p < 0.05$) y, de las formulaciones del embutido, los productos ahumados y preparados con grasa de cordero presentaron la mayor aceptación; mientras que aquellos adicionados con 1000 ppm del extracto acuoso de hojas de pimienta, presentaron la misma aceptación que los elaborados sin el extracto. En el análisis proximal, no se observaron diferencias significativas en el contenido de humedad ($p < 0.05$) de los embutidos elaborados con el extracto y los elaborados sin éste, o con los aditivos comerciales; pero sí en el contenido de cenizas, proteína y grasa. Los embutidos elaborados con 1000 ppm del extracto y con los aditivos comerciales, presentaron la misma capacidad para reducir la oxidación lipídica, mayor que la mostrada por el tratamiento sin el extracto y sin aditivos, pero menor que la del embutido adicionado con 5000 ppm de extracto, que presentó la menor oxidación lipídica durante todo el tiempo de almacenamiento; este mismo comportamiento se observó al evaluar la cuenta de bacterias mesofílicas aerobias; por lo que se concluye que el extracto acuoso de hojas de <i>Pimenta dioica</i> L. puede ser utilizado en la conservación de los embutidos de carne de cordero, con la misma eficacia o mayor que los aditivos comerciales, en función de la concentración utilizada.</p>

Palabras claves de la Tesis:	Antimicrobiano, Antioxidante, Embutido, Chorizo, <i>Pimenta dioica</i> L.
Referencias citadas:	<p>Achimón, F., Brito, V. D., Pizzolitto, R. P., Sanchez, A. R., Gómez, E. A., & Zygadlo, J. A. (2021). Chemical composition and antifungal properties of commercial essential oils against the maize phytopathogenic fungus <i>Fusarium verticillioides</i>. <i>Revista Argentina de Microbiología</i>, 53(4), 292–303.</p> <p>Aguilar, Astudillo, E., Rodriguez Hernandez, C., Bravo Mojica, H., Soto Hernandez, R. M., Bautista Martinez, N., & Guevara Hernandez, F. (2019). Efecto insectistático de extractos etanólicos de clavo y pimienta en <i>Trialeurodes vaporariorum</i> West (Hemiptera: Aleyrodidae). <i>Acta Zoológica Mexicana</i>, 35(Nueva serie).</p> <p>Alminderej, F., Bakari, S., Almundarij, T., Snoussi, M., Aouadi, K., & Kadri, A. (2020). Antioxidant activities of a new chemotype of <i>Piper cubeba</i> L. fruit essential oil (methyl eugenol / eugenol): In silico molecular docking and ADMET studies. <i>Plants</i>, 9(11), 1534.</p> <p>Álvarez Olmedo, E. (2021). Proyecto de una industria de elaboración de jamones blancos curados ubicada en Villanubla (Valladolid) [Tesis de grado, Universidad de Valladolid, Escuela Técnica Superior de Ingenierías Agrarias].</p> <p>Arnao, I., Suárez, S., Cisneros, R., & Trabucco, J. (2012). Evaluación de la capacidad antioxidante de los extractos acuosos de la raíz y las hojas de <i>Smallanthus sonchifolius</i> (yacón). <i>Revista de la Sociedad Química del Perú</i>, 78(2), 120–125.</p> <p>Argote, F. E., Villada, H. S., & Argote, H. A. (2009). Investigación de mercado sobre el grado de aceptación de la carne de cuy (<i>Cavia porcellus</i>) en presentaciones de ahumado, croquetas y apanado en la ciudad de Pasto. <i>Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial</i>, 7(1), 55-66.</p> <p>An, X., Hu, Y., Wang, N., Zhou, Z., & Liu, Z. (2019). Concentración continua de jugo mediante la integración de la ósmosis directa con la destilación por membrana utilizando el conservante de sorbato de potasio como soluto de extracción. <i>Journal of Membrane Science</i>, 573, 192–199.</p> <p>Andújar, G., Pérez, D., & Venegas, O. (2003). <i>Química y bioquímica de la carne y los productos cárnicos</i>. Editorial Universitaria. Ciudad de La Habana, Cuba. 125p.</p> <p>Aumeeruddy-Elalfi, Z., Gurib-Fakim, A., & Mahomoodally, F. (2015). Antimicrobial, antibiotic potentiating activity and phytochemical profile of essential oils from exotic and endemic medicinal plants of Mauritius. <i>Industrial Crops and Products</i>, 71, 197–204.</p> <p>Ayala-Armijos, H., García González, C., Sánchez-Prado, R., Jirón-Velez, Y., & Espinoza-Ramón, W. (2016). Efecto de la adición de ácido ascórbico en la degradación de nitratos y nitritos en mortadela. <i>Revista Ciencia Unemi</i>, 9(1), 85–92.</p> <p>Ayala Vargas, C. (2015). Importancia nutricional de la carne. <i>Revista de Investigación e Innovación Agropecuaria y de Recursos Naturales</i>, 5, 54–61.</p>

Ayuso Martin, M. D. (2020). Composición nutricional de la carne de cordero lechal: revisión sistemática [Tesis de grado, Universidad de Valladolid, Facultad de Medicina].

Barros Gomes, P. R., da Silva Barros Junior, F. R., Batista Reis, J., Oliveira Everton, G., Santos de Oliveira, R. W., Costa Louzeiro, H., ... & Mouchrek Filho, V. E. (2020). Chemical composition and biological activity of the essential oil of the fruits *Pimenta dioica* against *formae speciales* of fungus *Fusarium oxysporum*. *Revista colombiana de ciencias químico-farmacéuticas*, 49(1), 89–100.

Bautista, E., & Flores, A. (2020). Verificación del cumplimiento de las normas para materias primas utilizadas en la elaboración de productos derivados cárnicos. @ *Limentech, Ciencia y Tecnología Alimentaria*, 16(2), 32–49.

Begic, S., Horozic, E., Alibasic, H., Bjelic, E., Seferovic, S., Kozarevic, E. C., & Softic, M. (2020). Antioxidant Capacity and Total Phenolic and Flavonoid Contents of Methanolic Extracts of *Urtica dioica* L. by Different Extraction Techniques. *International Research Journal of Pure and Applied Chemistry*, 21(23), 207–214.

Belles, M., Alonso, V., Roncales, P., & Beltran, J. A. (2017). Effect of borage and green tea aqueous extracts on the quality of lamb leg chops displayed under retail conditions. *Meat Science*, 120, 153–160.

Binstok, G. F. (1998). Reacciones entre sorbatos y nitritos en sistemas cárnicos (Doctoral dissertation, Universidad de Buenos Aires. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales).

Bobadilla-Soto, E. E., Ochoa-Ambriz, F., & Perea-Peña, M. (2021). Dinámica de la producción y consumo de carne ovina en México 1970 a 2019. *Agrón. Mesoam*, 32(3), 963–982.

Brand-Williams, W., Cuvelier, M. E., & Berset, C. (1995). Use of a Free Radical Method to Evaluate Antioxidant Activity. *LWT - Food Science and Technology*, 28, 25–30.

Calderón Sánchez, B. S., & Giler Pín, Y. E. (2019). Uso de vegetales como sustitutos de conservantes en la elaboración de embutidos (chorizo) (Bachelor's thesis, Universidad de Guayaquil. Facultad de Ingeniería Química).

Cali Chasi, G. C. (2015). Determinación de la concentración residual durante las etapas de nitrito de sodio de elaboración almacenamiento de cinco productos cárnicos y (Salchicha de pollo, mortadela especial, salchicha paisa, longaniza, chorizo salchipincho) de la planta de alimentos PIGGIS embutidos PIGEM Cía. Ltda. y su incidencia sobre el tiempo de vida útil (Doctoral dissertation, Universidad Técnica de Ambato. Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos. Carrera de Ingeniería en Alimentos).

Calle Díaz, A. B. (2021). Desarrollo de un método analítico para determinar la pureza del ácido ascórbico, ascorbato de sodio y eritorbato de sodio para la empresa “La Italiana” (Bachelor's thesis, Universidad del Azuay).

Carías Villela, K. F. (2017). Evaluación del rendimiento de la extracción y caracterización fisicoquímica del aceite esencial obtenido de las hojas y frutos de la pimienta gorda (*Pimenta dioica* (L.) Merrill), cultivada en Alta Verapaz y Petén realizado a escala laboratorio

(Doctoral dissertation, Universidad de San Carlos de Guatemala).

Carullo, G., Cappello, A. R., Frattaruolo, L., Badolato, M., Armentano, B., Aiello, F., ... & Saturnino, C. (2020). Phenolic compounds as natural and synthetic anticancer agents: recent advances. *Future Medicinal Chemistry*, 12(15), 1413–1432.

Cedeño Ortiz, O. A., & Vera Ponce, J. J. (2017). Determinación del tipo de preservante apto para la preservación del jugo de zanahoria [Tesis doctoral, Universidad Laica “Eloy Alfaro” de Manabí Extensión Chone, Ingeniero en Alimentos].

Chambi, L., Quiroz, K. (2017). Extracción de aceite esencial de tomillo (*thymus vulgaris* L.) y su evaluación aplicada a la conservación de embutidos tipo chorizo [Tesis, Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa]. <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/2542>

Chauhan, N., Farooq, U., & Khan, M. (2017). Eficacia de plantas medicinales contra patógenos humanos aislados del Himalaya occidental de Himachal Pradesh. *Asian J Pharm Clin Res*, 10(9), 353–357.

Cobos Velasco, J. E., Soto Simental, S., Hayde Alfaro Rodríguez, R., Aguirre Álvarez, G., Rosa Rodríguez Pastrana, B., González Tenorio, R., de, A. (2014). Evaluación de parámetros de calidad de chorizos elaborados con carne de conejo, cordero y cerdo, adicionados con fibra de trigo. *Nacameh*, Vol. 8, No.1.

Codex Alimentarius. (2019). Norma General para los aditivos alimentarios.

Cózar, A. (2018). Calidad de derivados cárnicos (hamburguesas) elaborados con carne de cordero: efecto del tipo de formulación, la especia añadida y el sistema de preservación (Doctoral dissertation, Universidad de Castilla-La Mancha).

Cruz-Bacab, L., Baeza-Mendoza, L., Pérez-Robles, L., & Martínez-Molina, I. (2018). Evaluación sensorial de embutido tipo chorizo a base de carne de conejo. *Abanico Veterinario*, 8(1), 102–111.

Dehghan, P., Mohammadi, A., Mohammadzadeh-Aghdash, & Dolatabadi, J. E. N. (2018). Pharmacokinetic and toxicological aspects of potassium sorbate food additive and its constituents. *Trends in Food Science & Technology*, 80, 123–130.

Díaz Díaz, R. M., & Mejía Medrano, Sandra J Huerta de Mora, Octavio J Huerta Acha, E. A. (2009). Óxido nítrico: la diversidad de sus efectos sistémicos. *Revista Científica Ciencia Médica*, 12(1), 35–38.

Durán-Mendoza, T., González-Pérez, M., Cruz-Leyva, M. C. González-de la Cruz, U., Cuenca-Soria, C. A., Pérez-Sánchez, C. C. (2018). Análisis del efecto de la adición de fibra cítrica del bagazo de la naranja en las propiedades nutrimentales y sensoriales de un embutido y determinación de la calidad microbiológica. *European Scientific Journal* (en línea), Vol. 14, No. 18, consultada por Internet el 08 de abril del 2023. Dirección de internet: <https://doi.org/10.19044/esj.2018.v14n18p14>.

Evangelista-Martínez, Z., Reyes-Vázquez, N., & Rodríguez-Buenfil, I. (2018). Antimicrobial evaluation of plant essential oils against pathogenic microorganisms: In vitro study of oregano oil combined with

conventional food preservatives. *Acta Universitaria*, 28(4), 10–18.

FAO, F. and A. O. (2019). Grupos de productos.

Felizardo, M. G., Pereira, A. P., De Lima, T., De Sousa, T., Guterres, C. V., Oliveira, J. P., & Everton, G. O. (2021). Perfil químico, estabilidad y actividad fungicida de la nanoemulsión de aceite en agua (O / A) incorporada con aceite esencial de Ba-har. *Ciência e Natura*, 43–57.

Flores-Mancheco, D., & Salgado-Tello, I. P. (2017). Caracterización de la carne de cuy (*Cavia porcellus*) para utilizarla en la elaboración de un embutido fermentado. *Ciencia y Agricultura*, 14(1), 39–45.

Fodil, S., Delgado, J., Varvaro, L., Yaseen, T., & Rodriguez, A. (2018). Effect of potassium sorbate (E-202) and the antifungal PgAFP protein on *Aspergillus carbonarius* growth and ochratoxin A production in raisin simulating media. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 98(15), 5785–5794.

Galindo de León, E. E. (2019). Formulación de productos alimenticios: queso y embutidos tuliando la oleorresina de la hoja y fruto de la pimienta gorda (*Pimenta dioica* (L.) Merrill), proveniente de Alta Verapaz y Petén (Doctoral dissertation, Universidad de San Carlos de Guatemala).

García Barquero, M. E., Solís Rivera, L. R., & Zúñiga Umaña, A. A. (2020). Analysis of market segments for lamb meat consumption (*ovis orientalis aries*) in the Great Metropolitan Area of Costa Rica. *Agronegocios*, 6(2), 1–18.

González Cruz, M. (2019). Estrategia comercial para pequeños productores de pimienta gorda de la sierra norte de Puebla (Master's thesis, Universidad Autónoma Chapingo).

Gore, M., Raut, D., & Aruna, K. (2021). Actividad antimicrobiana de pimienta dioica (L.) merr. hojas y su actividad sinérgica con ampicilina contra los aislados clínicos productores de blee. *Revista de Microbiología, Biotecnología y Ciencias de Los Alimentos*, 653.

Goula, A. M., & Adamopoulos, K. G. (2012). A new technique for the extraction of phenolics from winery wastes using reverse osmosis. *Journal of Food Engineering*, 111(1), 85-89.

Granados, L. L. (2021). Desarrollo de un empaque postcosecha a partir de residuos de piña. Recuperado de: <http://hdl.handle.net/20.500.12010/19705>.

Guija-Poma, Emilio, Inocente-Camones, Miguel Ángel, Ponce-Pardo, John, & Zarzosa-Norabuena, Edwin. (2015). Evaluación de la técnica 2,2-Difenil-1-Picrilhidrazilo (DPPH) para determinar capacidad antioxidante. *Horizonte Médico (Lima)*, 15(1), 57-60. Recuperado en 29 de agosto de 2023, de http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1727-558X2015000100008&lng=es&tln=es.

Hamill, R., & Botineştean, C. (2016). Meat: Estructura. In *Encyclopedia of Food and Health* (pp. 701–710).

Hernandez, W. P., Brodmeier, J. ., Saes, M. F., Sanchez, G. P.,

Díaz, A. P., Ospina, D., & Olivero, L. M. (2018). Elaboración de productos embutidos a base de pulpa de Macabí. *International Journal of Management Science & Operation Research*, 3(1), 64–68.

Jia, W., Wu, X., Li, R., Liu, S., & Shi, L. (2021). Effect of nisin and potassium sorbate additions on lipids and nutritional quality of Tan sheep meat. *Food Chemistry*, 365, 130–535.

Jiménez-Edeza, M., Castillo-Burgos, M., Germán-Báez, L., & Castañeda-Ruelas, G. (2020). Venta a granel de embutidos: una tendencia de comercialización asociada al riesgo de enfermedades transmitidas por alimentos en Culiacán, México. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 11(3), 848–858.

Jiménez-Penago, G., González-Garduño, R., Martínez-Bolaños, L., Maldonado-Siman, E., Cruz-Tamayo, A. A., & Mendoza-de Gives, P. (2021). In vitro anthelmintic activity of Pimienta dioica and Origanum vulgare essential oils on gastrointestinal nematodes from sheep and cattle. *Journal of Parasitic Diseases*, 45(3), 1–9.

Jimenez, F. (2016). Principios básicos de elaboración de embutidos (pp. 4–89).

Lainez Ascencio, F. E. (2017). Influencia de los nitritos en la aparición del cáncer de estómago en los usuarios en los usuarios del Centro de salud 8 de Guayaquil de noviembre del 2017 a enero del 2018 (Doctoral dissertation, Universidad de Guayaquil-Ciencias Médicas-Carrera de Enfermería).

Lamarque, A., & Maestri, D. C. (2009). Fundamentos teórico-prácticos de química orgánica. Editorial brujas.

Leines Medina, D., Hernández Benavides, D. M., Hernández Aguilar, J. A., & Rodríguez Acosta, E. (2018). Embutidos de conejo, un producto alimenticio de mayor aporte nutricional. *Revista de Divulgación Científica y Tecnológica*, 4(1), 21–30.

Lobos O, I., & Pavez A, P. (2018). Rescate, valorización y utilización de los subproductos del cordero en la gastronomía de la Patagonia Norte de Chil. In *Análisis sensorial de productos elaborados utilizando los subproductos del cordero de la patagonia norte de chile*. (p. 67).

Lopez, L., Herrera, P., Cordero, V. D., Arias, Z. A., & Ramirez, E. (2021). ¿El Jamón de pavo es tan saludable como pensamos?: NOM-051-SCFI/SSA-2010. *Educación Y Salud Boletín Científico Instituto De Ciencias De La Salud Universidad Autónoma Del Estado De Hidalgo*, 9(18), 126–128.

Lowe, H., Daley, D., Lindo, J., Davis, C., Rainford, L., Hartley, S., Watson, C., Chambers, C., Reynolds-Campbell, G. R., Foster, S., Bahadoosingh, P., & Thoms-Rodriguez, C. (2017). The antibacterial and antifungal analysis of crude extracts from the leaves and bark of Pimenta species found in Jamaica. *Journal of Medicinal Plants Research*, 11(38), 591–595.

Lugo, E. B. (2008). Nitritos y Nitratos: Su uso, control y alternativas en embutidos cárnicos. *Nacameh*, 2(2), 160–187.

Manfugás, J. E. (2020). Capítulo 2. El análisis sensorial. Principios básicos para su realización. In *Evaluación sensorial de los*

alimentos. Editorial Universitaria (Cuba). (pp. 11–17).

Martínez, L., Bastida, P., Castillo, J., Ros, G., & Nieto, G. (2019). Green alternatives to synthetic antioxidants, antimicrobials, nitrates, and nitrites in clean label Spanish chorizo. *Antioxidants*, 8(6), 184.

Martínez Montes, Y., & Viana, B. (2012). Elaboración de chorizos de carne de res y de cerdo con adición de proteasas (bromelina) (Doctoral dissertation, Universidad de Cartagena).

Martinelli, L., Rosa, J. M., Ferreira, C. D. S. B., Nascimento, G. M. D. L., Freitas, M. S., Pizato, L. C., ... & Granato, A. C. (2017). Antimicrobial activity and chemical constituents of essential oils and oleoresins extracted from eight pepper species. *Ciência Rural*, 47.

Mazon, N. V. C., Hermida, C. E. C., Yacelga, J. C. S., Machado, E. R. R., Murillo, P. L. G., & Mena, M. E. C. (2018). Uso de pruebas afectivas, discriminatorias y descriptivas de evaluación sensorial en el campo gastronómico. *Dominio de Las Ciencias*, 4(3), 253–263.

Mirás Vázquez, I. (2019). Estudio de la población de bacterias ácido lácticas en un embutido cárnico mediante MALDI TOF [Tesis de grado, Universidad de Valladolid, Facultad de Medicina].

Morales Cruz, J. ., González Arellano, M. ., Cruz Guillen, F. ., Esparza García, V. ., & Santos Agüero, E. . (2023). Caracterización proximal, sensorial y microbiológica de un chorizo elaborado en el Instituto Tecnológico Superior Zacatecas Norte y un Chorizo comercial, para su comparación. *Investigación y Desarrollo en Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 8(1), 485–490.
<https://doi.org/10.29105/idcyta.v8i1.65>

Murali, V., Devi, V., Parvathy, P., & Murugan, M. (2021). Phytochemical screening, FTIR spectral analysis, antioxidant and antibacterial activity of leaf extract of *Pimenta dioica* Linn. *Today's Materials: Minutes*, 45, 2166–2170.

Olivás-Aguirre, F. J., González-Aguilar, G. A., & López-Díaz, J. A. (2018). The role of phenolic compounds in the fight against cancer—A review. *Food Science and Technology International*, 24(5), 361-375.

Organización Mundial de la Salud. (2015). Datos y cifras sobre las enfermedades de transmisión alimentaria.

Palmetti, N. (2020). *La Sal Saludable: Los Mitos: la Hipertensión y la Sal Del Mesa. la Medicina de la Sal de Roca y Del Agua de Mar*. Editorial Iniciática Etikar.

Patino Ochoa, B. A. (2021). Elaboración de una línea de embutidos a base de carne de borrego y garbanzo, para la ciudad de Quito [Doctoral dissertation, Universidad Nacional de Ingeniería Boliviana, Escuela de Posgrado].

Pereira, C. G., Meireles, M. A. A., & Couto, R. O. (2019). Supercritical fluid extraction of phenolic compounds: A review. *The Journal of Supercritical Fluids*, 152, 104526.

Pereira, M. L., & Ramirez, B. D. G. (2021). Nitratos y nitritos, la doble cara de la moneda. *Revista de Nutrición Clínica y Metabolismo*, 4(1).

Pérez, C. (2018). Carne de cordero: beneficios y propiedades. *Natursan*.

Pérez Rodríguez, Y., Valdés Herrera, R., Guerra de León, J. O., Madruga Suarez, M., & Castellanos González, L. (2020). Extractos de *Pimenta dioica*, *Callistemon citrinus* y *Syzygium malaccense* sobre *Sitophilus oryzae*. *Centro Agrícola*, 47(2), 75–83.

Perlo, F., Fabre, R., Bonato, P., Jenó, C., Tissoco, O., & Teira, G. (2019). Uso de extracto de romero y ácido ascórbico en la conservación refrigerada de carne de cerdo. *Revista Ciencia, Docencia y Tecnología*, 31(60), 208–227.

Pinto Guerra, J. M. (2019). Elaboración de un embutido cárnico fresco de pasta gruesa bajo en sodio, utilizando sustitutos del cloruro de sodio (Bachelor's thesis, Quito: UCE).

Qu, D., Jiang, M., Huang, D., Zhang, H., Feng, L., Chen, Y., Zhu, X., Wang, S., & Han, J. (2019). Synergistic Effects of The Enhancements to Mitochondrial ROS, p53 Activation and Apoptosis Generated by Aspartame and Potassium Sorbate in HepG2 Cells. *Molecules*, 24(3), 457.

Quinchuela Salazar, G. K. (2016). Utilización de la carne de ovino corriedale (*Ovis aries*) como materia prima para la elaboración de chorizo cervecero como una nueva alternativa gastronómica 2015 (Bachelor's thesis, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo).

Radu-Rusu, C., Ioan Mircea, P., Frunza, G., & Simeanu, D. (2019). On the presence of potassium sorbate (e202) in certain food products and beverages. *Artículos Científicos: Serie D, Ciencia Animal: Sesión Internacional de Comunicaciones Científicas de La Facultad de Ciencia Animal*, 62(2).

Regino, A., Rengifo, R., García, M., Martínez, J., & Sánchez, E. (2021). Evaluation of the antioxidant activity of *Pimenta dioica* (L.) Merr. extracts in in vitro models. *Journal of Plant Research*, 28(3), 321-335.

Rocchetti, G., Senizza, B., Rowland, I., & Lucini, L. (2020). Phenolic fraction from green coffee (*Coffea arabica* L.): Isolation, identification and analysis by chromatographic and spectroscopic techniques. *Foods*, 9(7), 864.

Rojas González, L. M. (2020). Análisis de los criterios de percepción sobre la calidad de la carne de ovino de los transformadores de Capulhuac, Estado de México (Tesis de licenciatura). Universidad Autónoma del Estado de México.

Romero, M. C., Romero, A. M., Doval, M. M., & Judis, M. A.. (2013). Nutritional value and fatty acid composition of some traditional Argentinean meat sausages. *Food Science and Technology*, 33(1), 161–166

Salehi, B., Sharifi-Rad, J., Quispe, C., Llaique, H., Villalobos, M., Santini, A., ... & Sharopov, F. (2019). Insights into solvent selection for the extraction of phenolic compounds from *Moringa oleifera* leaves. *Molecules*, 24(8), 1487.

Salehi, B., Armstrong, L., Rescigno, A., Yeskaliyeva, B., Seitimova, G., Beyatli, A., ... & Sharopov, F. (2020). Phenolic compounds in honey and their associated health benefits: A review.

Molecules, 25(9), 2197.

Sánchez-García, E., Castillo-Hernández, S. L., & García-Palencia, P. (2016). Actividad antimicrobiana. En: Rivas-Morales, C., Oranday-Cardenas, M.A. Investigación En Plantas de Importancia Médica, 77–100.

Sánchez-Zarate, A., Hernández-Gallegos, M. A., Carrera-Lanestosa, A., López-Martínez, S., Chay-Canul, A. J., Esparza-Rivera, J. R., & Velázquez-Martínez, J. R. (2020). Antioxidant and antibacterial activity of aqueous, ethanolic and acetonitrilic extracts of *Pimenta dioica* L. leaves. *International Food Research Journal*, 27(5).

Severiano-Pérez, P. (2019). ¿Qué es y cómo se utiliza la evaluación sensorial? *Inter disciplina*, 7(19), 47-68.

Solares Ramírez, A. D. (2020). Formulación de productos cosméticos a partir de aceite esencial de hojas y frutos de la pimienta dioica (*Pimenta dioica* (L) Merrill), proveniente de tres niveles altitudinales de Alta Verapaz y Petén (Doctoral dissertation, Universidad de San Carlos de Guatemala).

Stewart, T. M. A., Lowe, H. I., & Watson, C. T. (2016). Quantification and characterization of *Pimenta dioica* (Allspice) essential oil extracted via hydrodistillation, solvent and super critical fluid extraction methodologies. *American Journal of Essential Oils and Natural Products*, 4(3), 27-30.

Suk-Nam, L., Park, H., Kim, S., Choi, J., & Lee, J. (2013). "Comparación de la actividad antioxidante de extractos de frutos y hojas de *Pimenta dioica* (L.) Merr.". *Journal of Nutritional Science*, 18(4), 210-225.

Tobón Marín, J. F. (2016). Estandarización de los procesos de pesos de embutido, pesos de empaques y mermas del tratamiento térmico en la planta de derivados cárnicos de Porcicarnes, Antioqueña de Porcinos SAS (Doctoral dissertation, Corporación Universitaria Lasallista).

Torrenegra Alarcón, M. E., Granados Conde, C., & León Méndez, G. (2019). Extracción, caracterización y actividad antioxidante del aceite esencial de *Eucalyptus globulus* Labill. *Revista Cubana de Farmacia*, 52(1), e266.

Trineeva, O., Slivkin, A., & Safonova, E. (2020). Determinación de la actividad antioxidante de los extractos de hojas de ortiga por varios métodos. *Desarrollo y Registro de Fármacos*, 9(3), 59–66.

Valdez Balseca, D. F. (2020). Evaluación de tres tipos de harinas: soya (*Glycine max*), Yuca (*Manihot esculenta*), Trigo (*Triticum*) en la elaboración de Salchicha Pollo (Bachelor's thesis, Universidad Estatal Amazónica).

Varela, O. E. T., Amecameca, C. U. U., Ayala, E. E., Molina, O. M., García, P. A. H., & García, J. Á. (2018). Estudio geocomercial para el anclamiento de empresas de embutidos en el municipio de Chalco, Estado de México. *Flash Drive*, 289. ISSN 2168-0612 (Impreso). ISSN 1941-9589 (En línea).

Velasco, J. E. C., Simental, S. S., Rodríguez, R. H. A., Álvarez, G. A., Pastrana, B. R. R., & Tenorio, R. G. (2014). Evaluación de

parámetros de calidad de chorizos elaborados con carne de conejo, cordero y cerdo, adicionados con fibra de trigo. *Nacameh*, 8(1), 50-64.

Velandia, L., Gómez, M., Rodríguez, A., Martínez, J., & Sánchez, E. (2021). "Análisis de la capacidad antioxidante y contenido fenólico de extractos de hojas de *Pimenta dioica* (L.) Merr.". *Journal of Food Science*, 40(2), 87-94.

Velázquez-Sámamo, G., Collado-Chagoya, R., Cruz-Pantoja, R. A., Velasco-Medina, A. A., & Rosales-Guevara, J. (2019). Reacciones de hipersensibilidad a aditivos alimentarios. *Revista alergia México*, 66(3), 329-339.

Velázquez-Martínez, J. R., López-García, M., Hernández-Sánchez, E., Pérez-Rodríguez, A., & Gutiérrez-Cárdenas, E. (2016). "Capacidad antioxidante de los extractos de frutos y hojas de *Pimenta dioica* (L.) Merr. y su relación con el contenido de compuestos fenólicos". *Revista de Ciencias Agrícolas*, 33(1), 45-52.

Villalobos-Delgado, L. H., Caro, I., Blanco, C., Bodas, R., Andres, S., Giraldez, F. J., & Mateo, J. (2015). Effect of the addition of hop (infusion or powder) on the oxidative stability of lean lamb patties during storage. *Small Ruminant Research*, 125, 73–80.

Villegas, G. O. (2019). Determinación de nitratos por espectrofotometría UV-visible en productos cárnicos. Universidad Nacional de Cuyo. Facultad de Ciencias Agrarias.

Walter, M., Pedronel, A., & Peláez, A. (2011). Actividad Fungicida e Insecticida de Emulsiones Agua/Aceite de Mezclas de Extractos de *Nicotiana tabacum*, *Azadiractha indica* y *Eucalyptus tereticornis*. *Información Tecnológica*, 23(1), 139–151.

Yenket, R. (2011). Understanding methods for internal and external preference mapping and clustering in sensory analysis. Doctoral dissertation, Manhattan, Kansas.

Zambrano Muñoz, A. E. (2022). Extracto de hojas de ortiga (*Urtica dioica*) como agente antimicrobiano aplicado en una longaniza artesanal en el cantón Chone (Bachelor's thesis, Calceta: ESPAM MFL).

Zárate, A. S. (2019). Conservación de hamburguesas de carne de cordero con extracto crudo de *Pimenta dioica* L. (Tesis de Licenciatura, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco).