

UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN
FACULTAD DE INGENIERÍA DE INDUSTRIAS ALIMENTARIAS



**UNIVERSIDAD NACIONAL
DE JAÉN**

**CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE INDUSTRIAS
ALIMENTARIAS**

**“CONSERVACIÓN EN REFRIGERACIÓN DE LOMO DE
RES (*Longissimus lumborum*) CON ACEITE ESENCIAL DE
HIERBALUISA (*Cymbopogon citratus*)”**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**

**AUTORAS : Bach. Daniela del Pilar Alfaro Montero
Bach. Telemia Sarai Ojeda Gaona**

**ASESORES : Mg. Frank Fernández Rosillo
Dr. Lenin Quiñones Huatangari**

Línea de investigación: LI_IIA_02 Desarrollo y Caracterización de Productos

JAÉN-PERÚ, NOVIEMBRE 2024

UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN
FACULTAD DE INGENIERÍA DE INDUSTRIAS ALIMENTARIAS



**UNIVERSIDAD NACIONAL
DE JAÉN**

**CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE INDUSTRIAS
ALIMENTARIAS**

**“CONSERVACIÓN EN REFRIGERACIÓN DE LOMO DE
RES (*Longissimus lumborum*) CON ACEITE ESENCIAL DE
HIERBALUISA (*Cymbopogon citratus*)”**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**

AUTORAS : **Bach. Daniela del Pilar Alfaro Montero**
Bach. Telemia Sarai Ojeda Gaona

ASESORES : **Mg. Frank Fernández Rosillo**
Dr. Lenin Quiñones Huatangari

Línea de investigación: LI_IIA_02 Desarrollo y Caracterización de Productos

JAÉN-PERÚ, NOVIEMBRE 2024

NOMBRE DEL TRABAJO

**"CONSERVACIÓN EN REFRIGERACIÓN D
E LOMO DE RES (Longissimus lumborum
) CON ACEITE ESENCIAL DE HIERBAL**

AUTOR

**Daniela del Pilar Alfaro Monte Telemia S
arai Ojeda Gaona**

RECuento DE PALABRAS

16251 Words

RECuento DE CARACTERES

88332 Characters

RECuento DE PÁGINAS

109 Pages

TAMAÑO DEL ARCHIVO

2.3MB

FECHA DE ENTREGA

Oct 16, 2024 8:32 AM GMT-5

FECHA DEL INFORME

Oct 16, 2024 8:34 AM GMT-5

● 13% de similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base de datos.

- 13% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 7% Base de datos de trabajos entregados
- 4% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

● Excluir del Reporte de Similitud

- Material bibliográfico
- Coincidencia baja (menos de 15 palabras)

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN

Dr. Alexander Huamán Mera
Responsable de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingeniería



UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN

Ley de Creación N° 29304

FORMATO 03: ACTA DE SUSTENTACIÓN

En la ciudad de Jaén, el día 25 de octubre del año 2024, siendo las 11:00 horas, se reunieron los integrantes del Jurado:

Presidente: Dra. María Alina Cueva Ríos

Secretario: Dr. Juan Dario Rios Mera

Vocal: Dra. Delicia Liliana Bazán Tantaleán, para evaluar la Sustentación de:

() Trabajo de Investigación

() Tesis

() Trabajo de Suficiencia Profesional

Titulado: "CONSERVACIÓN EN REFRIGERACIÓN DE LOMO DE RES (*Longissimus lumborum*) CON ACEITE ESENCIAL DE HIERBALUISA (*Cymbopogon citratus*)", presentado por las tesis **Daniela del Pilar Alfaro Montero** y **Telemia Sarai Ojeda Gaona** de la Escuela Profesional de Ingeniería de Industrias Alimentarias.

Después de la sustentación y defensa, el Jurado acuerda:

() Aprobar () Desaprobar () Unanimidad () Mayoría

Con la siguiente mención:

- | | | |
|----------------|------------|---|
| a) Excelente | 18, 19, 20 | () |
| b) Muy bueno | 16, 17 | () |
| c) Bueno | 14, 15 | (<input checked="" type="checkbox"/>) |
| d) Regular | 13 | () |
| e) Desaprobado | 12 ó menos | () |

Siendo las 12:41 horas del mismo día, el Jurado concluye el acto de sustentación confirmando su participación con la suscripción de la presente.

Jaén, 25 de octubre de 2024



Dra. María Alina Cueva Ríos
Presidente



Dr. Juan Dario Rios Mera
Secretario



Dra. Delicia Liliana Bazán Tantaleán
Vocal

FORMATO 04: DECLARACIÓN JURADA DE NO PLAGIO

Yo, DANIELA DEL PILAR ALFARO MONTERO, identificada con DNI N° 73606159 bachiller de la Carrera Profesional de INGENIERÍA DE INDUSTRIAS ALIMENTARIAS de la Universidad Nacional de Jaén, asesorada por el Mg. Frank Fernández Rosillo y el Dr. Lenin Quiñones Huatangari. Declaro bajo juramento que Soy Autor del Trabajo de Investigación: CONSERVACIÓN EN REFRIGERACIÓN DE LOMO DE RES (*LONGISSIMUS LUMBORUM*) CON ACEITE ESENCIAL DE HIERBALUISA (*CYMBOPOGON CITRATUS*).

1. El mismo que presento para optar: () Grado Académico de Bachiller (X) Título Profesional
2. **El Trabajo de Investigación** no ha sido plagiado ni total ni parcialmente, para la cual se han respetado las normas internacionales de citas y referencias para las fuentes consultadas.
3. **El Trabajo de Investigación** presentado no atenta contra derechos de terceros.
4. **El Trabajo de Investigación** no ha sido publicado ni presentado anteriormente para obtener algún grado académico previo o título profesional.
5. Los datos presentados en los resultados son reales, no han sido falsificados, ni duplicados, ni copiados. Por lo expuesto, mediante la presente asumo toda responsabilidad que pudiera derivarse por la autoría, originalidad y veracidad del contenido del **Trabajo de Investigación**, así como por los derechos sobre la obra y/o invención presentada. Asimismo, por la presente me comprometo a asumir las cargas pecuniarias que pudieran derivarse para la UNJ en favor de terceros por motivo de acciones, reclamaciones o conflictos derivados del incumplimiento de lo declarado o las que encontraren causa en el contenido del **Trabajo de Investigación**.

De identificarse fraude, piratería, plagio, falsificación o que el trabajo de investigación haya sido publicado anteriormente; asumo las consecuencias y sanciones civiles y penales que de mi acción se deriven.

Jaén, 17 de octubre del 2024



Firma

FORMATO 04: DECLARACIÓN JURADA DE NO PLAGIO

Yo, TELEMIA SARAI OJEDA GAONA, identificada con DNI N° 74700954 bachiller de la Carrera Profesional de INGENIERÍA DE INDUSTRIAS ALIMENTARIAS de la Universidad Nacional de Jaén, asesorada por el Mg. Frank Fernández Rosillo y el Dr. Lenin Quiñones Huatangari. Declaro bajo juramento que Soy Autor del Trabajo de Investigación: CONSERVACIÓN EN REFRIGERACIÓN DE LOMO DE RES (*LONGISSIMUS LUMBORUM*) CON ACEITE ESENCIAL DE HIERBALUISA (*CYMBOPOGON CITRATUS*).

1. El mismo que presento para optar: () Grado Académico de Bachiller (X) Título Profesional
2. **El Trabajo de Investigación** no ha sido plagiado ni total ni parcialmente, para la cual se han respetado las normas internacionales de citas y referencias para las fuentes consultadas.
3. **El Trabajo de Investigación** presentado no atenta contra derechos de terceros.
4. **El Trabajo de Investigación** no ha sido publicado ni presentado anteriormente para obtener algún grado académico previo o título profesional.
5. Los datos presentados en los resultados son reales, no han sido falsificados, ni duplicados, ni copiados. Por lo expuesto, mediante la presente asumo toda responsabilidad que pudiera derivarse por la autoría, originalidad y veracidad del contenido del **Trabajo de Investigación**, así como por los derechos sobre la obra y/o invención presentada. Asimismo, por la presente me comprometo a asumir las cargas pecuniarias que pudieran derivarse para la UNJ en favor de terceros por motivo de acciones, reclamaciones o conflictos derivados del incumplimiento de lo declarado o las que encontraren causa en el contenido del **Trabajo de Investigación**.

De identificarse fraude, piratería, plagio, falsificación o que el trabajo de investigación haya sido publicado anteriormente; asumo las consecuencias y sanciones civiles y penales que de mi acción se deriven.

Jaén, 17 de octubre del 2024



Firma

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN.....	vi
ABSTRACT	vii
I. INTRODUCCIÓN.....	8
II. MATERIALES Y MÉTODOS	17
2.1. Lugar de ejecución.....	17
2.2. Población, muestra y muestreo	17
2.2.1. Población	17
2.2.2. Muestra	17
2.2.3. Muestreo	18
2.3. Métodos, técnicas y procedimientos e instrumentos de recolección de datos .	18
2.3.1. Métodos, técnicas y procedimientos.....	18
2.3.2. Recolección de datos	26
2.4. Análisis de datos	26
III. RESULTADOS	29
3.1. Rendimiento de extracción del AE de hierbaluisa (<i>Cymbopogon citratus</i>).....	29
3.2. Caracterización de la composición química del AE de hierbaluisa (<i>Cymbopogon citratus</i>).....	30
3.3. Análisis fisicoquímicos y microbiológicos del lomo de res (<i>Longissimus lumorum</i>) con AE de hierbaluisa (<i>Cymbopogon citratus</i>).....	33
3.3.1. Análisis fisicoquímicos	33
3.3.2. Análisis microbiológicos	38
3.3.3. Estadística inferencial de los parámetros fisicoquímicos	41
IV. DISCUSIÓN.....	47
V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	50
VI. REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA	52
DEDICATORIA	67
AGRADECIMIENTO.....	68

INDICE DE TABLAS

Tabla 1 Diseño del estudio longitudinal con un diseño experimental completamente al azar.....	27
Tabla 2 Rendimiento de extracción del AE de hierbaluisa (<i>Cymbopogon citratus</i>)	30
Tabla 3 Cuantificación de compuestos volátiles identificados en el AE de hierbaluisa (<i>Cymbopogon citratus</i>).....	30
Tabla 4 Resultados del análisis inicial del lomo de res (<i>Longissimus lumorum</i>).....	33
Tabla 5 Resultados de la humedad del lomo de res (<i>Longissimus lumorum</i>) con AE de hierbaluisa (<i>Cymbopogon citratus</i>)	34
Tabla 6 Resultados del pH del lomo de res (<i>Longissimus lumorum</i>) con AE de hierbaluisa (<i>Cymbopogon citratus</i>)	35
Tabla 7 Resultados de la acidez del lomo de res (<i>Longissimus lumorum</i>) con AE de hierbaluisa (<i>Cymbopogon citratus</i>)	36
Tabla 8 Resultados del análisis inicial del lomo de res (<i>Longissimus lumorum</i>).....	38
Tabla 9 Identificación de <i>Staphylococcus aureus</i> en los tratamientos C, T1, T2, T3... ..	38
Tabla 10 Identificación de <i>Salmonella spp.</i> y <i>E. coli</i>	40
Tabla 11 Cuantificación de <i>E. coli</i> utilizando la técnica del número más probable (NMP)	41
Tabla 12 Resumen de los parámetros fisicoquímicos de lomo de res (<i>Longissimus lumorum</i>) con AE de hierbaluisa (<i>Cymbopogon citratus</i>).....	42

INDICE DE FIGURAS

Figura 1 Flujograma del proceso de la extracción del AE de hierbaluisa y conservación del lomo de res (<i>Longissimus lumborum</i>) con AE de hierbaluisa (<i>Cymbopogon citratus</i>)	25
Figura 2 Extracción y rendimiento del AE de hierbaluisa (<i>Cymbopogon citratus</i>)	29
Figura 3 Cromatograma del Citral (Neral y geraniol)	31
Figura 4 Cromatograma Linalool	31
Figura 5 Cromatograma del β -pineno	32
Figura 6 Cromatograma del Limoneno	32
Figura 7 Valores de la humedad del lomo de res (<i>Longissimus lumborum</i>) con AE de hierbaluisa (<i>Cymbopogon citratus</i>)	34
Figura 8 Valores del pH del lomo de res (<i>Longissimus lumborum</i>) con AE de hierbaluisa (<i>Cymbopogon citratus</i>)	36
Figura 9 Valores de la acidez del lomo de res (<i>Longissimus lumborum</i>) con AE de hierbaluisa (<i>Cymbopogon citratus</i>)	37
Figura 10 Recuento de UFC de <i>S. aureus</i> en una Dilución de 10^{-3}	39
Figura 11 Diagrama de puntos entre los valores de humedad de los tratamientos y los días de observación. Correlación y tendencia	44
Figura 12 Diagrama de puntos entre los valores de pH de los tratamientos y los días de observación. Correlación y tendencia.....	45
Figura 13 Diagrama de puntos entre los valores de acidez de los tratamientos y los días de observación. Correlación y tendencia.....	46

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Galería de fotos: pretratamiento y extracción de AE de hierbaluisa (<i>Cymbopogon citratus</i>).....	69
Anexo 2. Ficha técnica del aceite vegetal de girasol.....	70
Anexo 3. Acondicionamiento de las muestras del lomo de res con AE de hierbaluisa (<i>Cymbopogon citratus</i>).....	71
Anexo 4. Determinación de la composición química del AE de hierbaluisa mediante cromatografía.....	72
Anexo 5. Evaluación del pH del lomo de res con AE de hierbaluisa (<i>Cymbopogon citratus</i>).....	73
Anexo 6. Evaluación de la acidez del lomo de res con AE de hierbaluisa (<i>Cymbopogon citratus</i>).....	74
Anexo 7. Evaluación de la humedad del lomo de res con AE de hierbaluisa (<i>Cymbopogon citratus</i>).....	75
Anexo 8. Pruebas realizadas para la determinación de <i>S. aureus</i>	76
Anexo 9. Determinación de <i>E. coli</i>	78
Anexo 10. Determinación de <i>Salmonella spp.</i>	79
Anexo 11. Procesamiento de datos	80
Anexo 12. Curvas de calibración para el análisis de la composición química del aceite esencial de hierbaluisa	81
Anexo 13. Pruebas de normalidad y homogeneidad para las observaciones del día 21 (código y resultados del software RStudio).....	86
Anexo 14. Pruebas de normalidad y homocedasticidad para las observaciones del día 18 (código y resultados del software RStudio).....	87
Anexo 15. Pruebas de normalidad y homocedasticidad para las observaciones del día 15 (código y resultados del software RStudio).....	88
Anexo 16. Pruebas de normalidad y homocedasticidad para las observaciones del día 12 (código y resultados del software RStudio).....	89
Anexo 17. Pruebas de normalidad y homocedasticidad para las observaciones del día 9 (código y resultados del software RStudio).....	90

Anexo 18. Pruebas de normalidad y homocedasticidad para las observaciones del día 6 (código y resultados del software RStudio).....	91
Anexo 19. Pruebas de normalidad y homocedasticidad para las observaciones del día 3 (código y resultados del software RStudio).....	92
Anexo 20. Test de Kruskal-Wallis y Comparaciones múltiples de Nemenyi para las observaciones del día 21 (código y resultados del software RStudio)	93
Anexo 21. Test de Kruskal-Wallis y Comparaciones múltiples de Nemenyi para las observaciones del día 18 (código y resultados del software RStudio)	95
Anexo 22. Test de Kruskal-Wallis y Comparaciones múltiples de Nemenyi para las observaciones del día 15 (código y resultados del software RStudio)	97
Anexo 23. Test de Kruskal-Wallis y Comparaciones múltiples de Nemenyi para las observaciones del día 12 (código y resultados del software RStudio)	99
Anexo 24. Test de Kruskal-Wallis y Comparaciones múltiples de Nemenyi para las observaciones del día 9 (código y resultados del software RStudio)	101
Anexo 25. Test de Kruskal-Wallis y Comparaciones múltiples de Nemenyi para las observaciones del día 6 (código y resultados del software RStudio)	103
Anexo 26. Test de Kruskal-Wallis y Comparaciones múltiples de Nemenyi para las observaciones del día 3 (código y resultados del software RStudio)	105

RESUMEN

La adición de aceites esenciales (AE) como agentes antibacterianos en la industria cárnica se emplean como alternativa de conservación. El objetivo de la investigación fue evaluar la conservación del lomo de res (*Longissimus lumbrorum*) con AE de hierbaluisa (*Cymbopogon citratus*) en refrigeración analizando las características fisicoquímicas y microbiológicas; la extracción del AE se realizó por hidrodestilación, la caracterización de la composición química se realizó por cromatografía gaseosa con un detector de ionización de llama (CG/FID), se consideró tres tratamientos de recubrimiento del lomo de res con AE de 0.2, 0.5 y 0.8% almacenado a temperatura de refrigeración de 4°C y evaluado durante 21 días. Se obtuvo un rendimiento de extracción de 0.37% (peso/volumen), los compuestos identificados fueron citral, linalol y β -pineno; respecto a la humedad y acidez no mostraron diferencias significativas entre los tratamientos y la muestra control a diferencia del pH durante los 21 días, el análisis microbiológico para *Staphylococcus aureus* muestra una cinética de muerte microbiana y para *Salmonella spp.* y *E. coli*, presencia hasta el día 18. Se concluye que el tratamiento del 0.8% fue el que presentó una mayor conservación del lomo de res durante los 21 días de almacenamiento a 4°C.

Palabra clave: rendimiento de extracción, composición química, aceite esencial, evaluación microbiológica.

ABSTRACT

The addition of essential oils (EO) as antibacterial agents in the meat industry is used as a preservation alternative. The objective of the research was to evaluate the preservation of beef tenderloin (*Longissimus lumborum*) with lemon verbena (*Cymbopogon citratus*) EO under refrigeration by analyzing the physicochemical and microbiological characteristics; the extraction of the EO was carried out by hydrodistillation, the characterization of the chemical composition was performed by gas chromatography with a flame ionization detector (GC/FID), three coating treatments of the beef tenderloin with EO of 0.2, 0.5 and 0.8% stored at a refrigerated temperature of 4°C and evaluated for 21 days. An extraction yield of 0.37 % (weight/volume) was obtained; the compounds identified were citral, linalool and β -pinene; humidity and acidity showed no significant differences between the treatments and the control sample, unlike pH during the 21 days and *E. coli*, presence up to day 18. It is concluded that the 0.8% treatment was the one that presented the greatest conservation of the beef loin during the 21 days of storage at 4°C.

Keyword: extraction performance, chemical composition, essential oil, microbiological evaluation.

I. INTRODUCCIÓN

La carne vacuna es importante en la dieta humana (Agarwal y Fulgoni III, 2024), contiene componentes vitales para el organismo y aporta nutrientes (Fulgoni K y Fulgoni III, 2023) que tienen un impacto directo en el desarrollo físico (Klurfeld, 2024) y mental (Agarwal y Fulgoni III, 2024b; Dobersek et al., 2024); no obstante, los niveles de consumo varían dependiendo de factores como hábitos alimentarios, disponibilidad, precio, estatus socioeconómico e incluso creencias religiosas (Carranza, 2018). En el Perú, el consumo de carne vacuno anual por persona en promedio es de 6.062 kg con una tendencia de incremento del 58% (Carhuavilca et al., 2022), pero existen otros países con mayor consumo per cápita anual, entre ellos Argentina (60 kg), Estados Unidos (39.9 kg), Brasil (39 kg), La Unión Europea (16 kg) y México (15.3 kg) (Huertas, 2021).

La carne vacuna proporciona agua (60 – 80% de su peso), aminoácidos esenciales (lisina, metionina, fenilalanina, leucina y valina), vitaminas, minerales, ácidos grasos y micronutrientes como fósforo, potasio, hierro, zinc y sodio (Klurfeld, 2024; Rodríguez et al., 2023). Debido a su composición, proporciona un entorno propicio para el desarrollo de microorganismos patógenos que pueden provocar cambios químicos que representan riesgos para la salud (Li et al., 2024), así como cambios sensoriales no deseables en olor y apariencia que son fundamentales en su conservación (González et al., 2014).

La industria cárnica emplea compuestos químicos para conservar sus productos (Flores et al., 2019), debido a que la carne es un alimento perecedero y es afectado por cambios de temperatura y su corta durabilidad (Dissanayake et al., 2024). Dentro de esos compuestos químicos se emplean los nitritos, nitratos (Xie et al., 2023) y antioxidantes sintéticos (Valenzuela y Pérez, 2016), pero estos compuestos están relacionados con

enfermedades carcinógenas en los consumidores (Diallo et al., 2018). Por ello, se vienen implementando alternativas de conservación natural como el uso de aceites esenciales (AE) (Elgadir et al., 2023; Ivane et al., 2024), por su potente acción antimicrobiana (Bilen et al., 2024; Hamuda et al., 2024) y/o por su efecto activo en biomateriales de envasado (Peixoto et al., 2023; Wongphan et al., 2024), lo que conlleva a una mayor demanda de alimentos saludables y seguros (Konfo et al., 2023; Ruales, 2021).

Los AE son líquidos aromáticos que se obtienen a partir de material vegetal, pueden ser de flores, frutos, hojas y cáscaras (Villaverde, 2018). Estos presentan en su composición propiedades antibacterianas, antifúngicas y antioxidantes, las cuales disminuyen el crecimiento de microorganismos patógenos y aseguran la calidad e inocuidad del alimento (Avoseh et al., 2015; Ekpenyong y Akpan, 2017; Zhang et al., 2022); además entre sus componentes se encuentran metabolitos secundarios que tienen la capacidad de dañar la membrana celular de bacterias patógenas tanto Gram negativas como Gram positivas, causándoles la muerte instantánea (Argote et al., 2017). Los AE pueden obtenerse por diferentes métodos de extracción (Aimila et al., 2024) (Akdağ y Öztürk, 2019) (Karimnejad y Ghavam, 2024); entre ellos la hidrodestilación (Katekar et al., 2023). El rendimiento de extracción y la composición química de los AE están relacionados a la genética de las especies vegetales, interacción de condiciones fisiológicas, bioquímicas y medioambientales y a la variabilidad estacionalidad (Aboukhalid et al., 2017); (Kaur et al., 2021); (Li et al., 2020); (Mwithiga et al., 2022); (Pinheiro et al., 2016).

Según Obregón (2018), la hidrodestilación es un proceso reconocido por laboratorios y es considerado como el apropiado para determinar el contenido de AE en una planta aromática, se utiliza vapor de agua, el cual arrastra consigo el AE presente en la materia vegetal sometida al proceso. La mezcla del AE y el agua tienen un punto de ebullición

bajo, lo que permite el proceso de destilación, luego de pasar por el condensador los vapores se enfrían, condensan y se separan en un líquido formado por dos fases inmiscibles, la fase orgánica, que contiene el AE y la fase acuosa, que contiene el agua floral.

Los AE son metabolizados por más de 17500 especies aromáticas, entre ellas la hierbaluisa (*Cymbopogon citratus*) (Bunse et al., 2022), el género *Cymbopogon* es oriundo de Asia, África, Australia y las islas tropicales comprendiendo 144 especies, situadas alrededor de 40 países (Tibenda et al., 2022). Contemplando especies de importancia económica a *C. flexuosus*, *C. citratus*, *C. winterianus*, *C. nardus*, *C. pendulus*, *C. khasianus*, *C. martini*, *C. distans*, *C. stracheyi* y *C. jwarancusa* (Verma et al., 2013). Tiene aplicación como planta medicinal y de aplicación industrial (Ashaq et al., 2024). Asimismo, estudios han demostrado que contiene propiedades curativas, actividad antioxidante (Del Pozo, 2006), antiinflamatoria (Prochnow et al., 2023) y es eficaz como agente antimicrobiano (Zhang et al., 2022), con propiedades antifúngicas y antibacterianas (Giler y Pérez, 2020).

El AE de hierbaluisa posee compuestos aromáticos y contiene diversas propiedades bioquímicas (Enríquez et al., 2023). Químicamente contiene monoterpenos y sesquiterpenos, dentro de ellos el citral, citronelol, citronelal, linalol, elemol, limoneno, geraniol, β -carofileno y acetato de geranilo (Ganjewala, 2009; Omar et al., 2016). El citral representa un aldehído monoterpénico acíclico, conformado por dos isómeros geométricos; el isómero E llamado geraniol (trans-citral; α -citral) o citral A y el Z denominado neral (cis-citral; β -citral) o citral B, los cuales se presentan como una mezcla, no en proporciones iguales (Waghulde et al., 2020), este posee actividad antimicrobiana e inhibe el desarrollo de bacterias como *Bacillus subtilis*, *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli* entre otras (Somolinos et al., 2010).

Los antecedentes que se utilizaron en la investigación se mencionan:

Cabezas (2021) evaluó el efecto del AE de canela sobre las propiedades fisicoquímicas y microbiológicas de la carne de res molida. Se evaluaron cuatro tratamientos utilizando un diseño de bloques completos al azar: 1, 2 y 3% de AE; además, se incluyó un testigo. Los análisis fisicoquímicos y microbiológicos mostraron que los AE a una concentración del 2% inhiben de manera eficaz la formación de *E. Coli*. La evaluación sensorial no evidenció diferencias significativas entre los procedimientos; no obstante, el tratamiento 2 (50 g de res molida + 2% de AE de canela) recibió máxima puntuación en relación con el sabor, color, olor y textura del producto. Los resultados microbiológicos comprobaron que la vida útil de la carne molida fue de al menos 10 días; también mostraron la ausencia de coliformes totales y bacterias aerobias mesófilas.

Reynoso (2022) evaluó el efecto del AE de orégano (*Lippia berlandieri Schauer*) sobre la calidad de la carne de bovino durante 7 días de almacenamiento a una temperatura de 4°C. Utilizó 22.4 kg de carne (*Longissimus dorsi*), los cuales fueron divididos en tres tratamientos y un control, se realizaron dos réplicas cada uno. El aceite de orégano se aplicó por aspersión directamente en la carne y se empacó conforme al tratamiento correspondiente. Las variables fisicoquímicas, sensoriales, microbiológicas, textura, bromatológicas y antioxidantes fueron evaluadas desde el día 1 hasta el día 7. La carne tratada con AE mantuvo el pH entre 5.46 y 5.69, el color de la carne también se mantuvo a través del tiempo, mejoró la capacidad de retención de agua y la dureza decreció. Se concluyó que el AE puede actuar como conservador natural en la carne de bovino incrementando la vida de anaquel.

Julio y Rodríguez (2011) evaluaron tres concentraciones de AE de Sacha culantro (*Eryngium foetidum*) a diferentes concentraciones: 0.2, 0.4 y 0.6%, con el objetivo de

determinar su eficacia como antioxidante. El factor utilizado fue el porcentaje de AE, la evaluación sensorial fue evaluada por panelistas no entrenados, quienes eligieron la concentración de AE de culantro de 0.2%. Los resultados de los análisis microbiológicos y fisicoquímicos demostraron que el producto cumplió con la eficacia como agente antioxidante.

Hilvay (2015) estudió el efecto de conservación de la carne de cuy (*Cavia porcellus*) aplicando AE de limón, albahaca y orégano. Utilizó un diseño de bloques con un arreglo factorial A x B más un testigo, realizó el lavado y curado utilizando por separado los tres AE. Preparó la sal curante en concentraciones de 0.3, 0.4 y 0.5% de AE, las cuales inyectó al músculo hasta alcanzar un incremento en peso equivalente al 30% y realizó masajes cada 20 minutos por 12 horas. Las muestras de los diferentes tratamientos fueron almacenadas en bandejas de polietileno tereftalato (PET) a 4°C y posterior a ello fueron sometidas a análisis fisicoquímicos y microbiológicos. El mejor tratamiento correspondió al AE de orégano en una concentración de 0.30%, que presentó un pH de 6.4, acidez 0.171%, cenizas 2.41%, proteína 12.02% y 16.9 mg/kg de nitrito residual, *E. Coli*: <10 UFC/g *Staphylococcus aureus*: <10 UFC/g y *aerobios mesófilos*: 1.5×10^2 UFC/g y logró mantener un color, olor, sabor aceptable y una vida útil de 40 días.

Vargas (2019) realizó un estudio para evaluar la conservación de carne molida de res tipo hamburguesa utilizando AE de canela y clavo de olor, en el cual determinó la composición química del clavo de olor y canela mediante cromatografía gaseosa con detector de masa (CG-EM) identificando la presencia de 87.65% de *E-Cinamaldehído*, 1.88% de *Cinamaldehído* y 1.16% de benceno propanal en la canela y 84.55% de *eugenol*, 8.38% de *cariofileno* y 5.02% de acetato de *eugenol*. La Concentración Mínima Inhibidora (CMI) se realizó con 4 concentraciones de aceites (25, 45, 55 y 65%), los aceites fueron evaluados microbiológicamente midiendo la CMI, como resultados obtuvo que la

concentración cualitativa identificó el efecto inhibitorio a concentraciones de 55 y 65% para la bacteria *E. coli*; sin embargo, se recomienda aplicar estas concentraciones de aceites enfocándose en la inhibición de otras bacterias como: *Clostridium botulinum*, considerando su toxicidad en las carnes crudas y otros alimentos.

Yalta (2019) determinó la efectividad de los AE de marisaca (*Tagetes elliptica Sm.*) y huacatay (*Tagetes minuta L.*) como conservantes de la carne de cerdo. Utilizó un arreglo factorial 2A x 2B x 4C, donde A representa el tipo de AE (*T. minuta* y *T. elliptica*), B temperatura de almacenamiento (temperatura ambiente y refrigeración) y C dosis aplicada (control: 0.1, 0.3 y 0.5%). Los resultados evidenciaron que el AE de *T. minuta* y *T. elliptica* demostraron la actividad antimicrobiana contra *S. aureus*, coliformes totales y levaduras en cerdo. Se concluyó que la actividad antioxidante del AE de *T. minuta* y *T. elliptica* no mostraron estabilidad lipídica en la carne de cerdo.

Ramos (2019) evaluó diferentes niveles de AE de orégano (*Origanum vulgare L.*) como conservante natural para la salchicha de pollo, realizó un diseño en bloques completamente al azar con cuatro tratamientos y cuatro repeticiones para la evaluación paramétrica; asimismo, utilizó el test de Friedman con 20 panelistas no entrenados para la evaluación sensorial, tuvo como tratamientos de estudio: T0 (salchicha natural), T1 (0.2%), T2 (0.5%) y T3 (0.8%) con AE de orégano (*Origanum vulgare L.*). Los tratamientos se sometieron a análisis microbiológicos (*aerobios mesófilos*, *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, *Salmonella sp*, mohos y levaduras). Los resultados evidenciaron que el tratamiento T2 (salchicha de pollo + 0.5% de AE orégano) es el que fue mejor aceptado por los panelistas, existiendo diferencia significativa respecto a los demás tratamientos en los atributos de sabor y olor. Finalmente, la composición química fue de: 42.03% de humedad, 13.12% de proteína, 6.21 de grasas, 1.92% de cenizas, 5.81

de pH y 0.14% de acidez. En los parámetros microbiológicos fue: 2.46×10^2 UFC/g de aerobios mesófilos, 0 UFC/g de *Escherichia coli* y 6 UFC/g de *Staphylococcus aureus*.

Ortiz (2018) evaluó el efecto de la concentración de AE de ajo (*Allium sativum*) a diferentes concentraciones (0.11, 0.22, 0.33, 0.44, 0.55%) sobre las características microbiológicas y fisicoquímicas de carcasas de cuy (*Cavia porcellus*) frescas empacadas al vacío. Trabajó con un diseño bifactorial (AE de ajo y tiempo de almacenamiento) realizando análisis cada 10 días (0, 10, 20 y 30). El mejor tratamiento fue la concentración de 0.44% de AE de ajo, como resultado dio: pH 6.35, capacidad de retención de agua de 21.83%, humedad 71.62%, sólidos totales de 28.39% y el recuento de aerobios mesófilos fue menor en comparación con la muestra que no tuvo aplicación de aceite.

Prado y Viteri (2017) evaluaron el efecto del AE de romero en una sustitución parcial con el nitrito de sodio en la elaboración de una jamonada, con el objetivo de comprobar la calidad del producto mediante la evaluación microbiológica, características fisicoquímicas y sensoriales. En este estudio se utilizaron concentraciones de AE de romero (200 ppm y 400 ppm) y 2 concentraciones de Nitrito de Sodio (50 ppm y 100 ppm). En el estudio se demostró que el AE de romero es un buen prospecto como sustituyente, de manera parcial, de los nitritos en la elaboración de jamonada; asimismo, en los días de evaluación (45 días) los tratamientos lograron inhibir el crecimiento bacteriano de aerobios mesófilos en la jamonada. Se concluyó que el AE de romero, mejora las características fisicoquímicas de la jamonada.

Alvarado (2020) realizó un estudio en el que comparó el efecto antimicrobiano del AE de albahaca frente al uso de nitritos en la elaboración de un embutido. Se utilizaron cuatro tratamientos con tres repeticiones y una muestra testigo, en total fueron trece unidades experimentales. Se verificó, que el efecto microbiano del nitrito en el producto estaba en el rango determinado por lo que no había riesgo de contaminación que impidiera el

consumo del producto. También se concluyó que el AE de albahaca ejerce un efecto antimicrobiano en las bacterias estudiadas, gracias a su principio activo linalol, por lo que se comprobó que este AE puede sustituir los preservantes y antimicrobianos químicos como una alternativa natural, mejorando así la salud de los consumidores.

Siewe et al. (2015) evaluaron el efecto de los AE de clavo de olor (*Syzygium aromaticum*) y hierbaluisa (*Cymbopogon citratus*) sobre la oxidación de lípidos y el crecimiento microbiano en hamburguesas de vacuno. Los AE fueron incorporados a las muestras con una concentración del 0.1 y 0.2% (p/p). Asimismo, las hamburguesas se inocularon con cultivos de *E. Coli* o *S. aureus* y fueron almacenadas a 4°C. Realizaron la composición proximal, oxidación lipídica y recuentos microbianos a los 7, 14, 21 y 28 días. La incorporación del AE de clavo de olor al 0.2% redujo el crecimiento de *E. Coli* en 1.48 log UFC/g y el de *S. aureus* en 6.52 log UFC/g mientras que la incorporación de AE de hierbaluisa al 0.2% redujo el crecimiento de *E. coli* 1.21 log UFC/g y el de *S. aureus* en 1.4 log UFC/g tras 28 días de almacenamiento. La prueba sensorial de las hamburguesas de vacuno reveló que los consumidores aceptaban las hamburguesas formuladas con los aditivos.

La problemática se enfocó en el peligro de emplear aditivos químicos sintéticos como conservantes en la carne de res, existe una gran controversia sobre el uso de estos, debido a que contienen carcinógenos que ponen en riesgo la salud de los consumidores (Ventanas et al., 2004). Entre los aditivos utilizados como conservantes se encuentran los antioxidantes químicos como el butilhidroxianisol (BHA), galato de propilo (GP), butilhidroxitolueno (BHT) y la terbutilhidroquinona (TBHQ), los nitritos y nitratos, estos componentes se transforman en óxido nítrico, óxido nitroso e incluso nitrógeno (Gaviria y Montes, 2017), a su vez estos compuestos tienen la capacidad de convertirse en N-

nitrosaminas, las cuales están asociadas con el desarrollo de cáncer en diversos tejidos (Londoño y Gómez, 2021).

La justificación se centró en brindar una alternativa de conservación natural de la carne de res empleando AE de hierbaluisa (*Cymbopogon citratus*), aprovechando las propiedades bioactivas presentes como actividad antioxidante, la cual ayuda a prevenir enfermedades y como agente antimicrobiano (Giler y Perez, 2020).

En el estudio se utilizaron 3 dosificaciones de AE de hierbaluisa, 0.2, 0.5 y 0.8%, para aplicarse como recubrimiento al lomo de res y una muestra testigo, la cual no contenía AE (0%), las muestras se almacenaron por 21 días a una temperatura de 4°C.

La investigación tuvo como objetivo general evaluar la conservación del lomo de res (*Longissimus lumborum*) con AE de hierbaluisa (*Cymbopogon citratus*) en refrigeración, asimismo, los objetivos específicos fueron, determinar el rendimiento de extracción del AE de hierbaluisa, caracterizar la composición química del AE y analizar las características fisicoquímicas y microbiológicas del lomo de res (*Longissimus lumborum*) recubierto con 0.2, 0.5 y 0.8% de AE de hierbaluisa (*Cymbopogon citratus*) a temperatura de refrigeración de 4°C durante 21 días.

II. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Lugar de ejecución

En la Universidad Nacional de Jaén se emplearon los ambientes según detalle: En el Laboratorio Espectrofotométrico de los Centros de Producción de Bienes y Servicios, se realizó la extracción del AE de hierbaluisa. También, se utilizó el Laboratorio de Biología del Departamento Académico de Ciencias Básicas y Aplicadas donde se realizó el análisis microbiológico. Asimismo, se utilizó el Laboratorio de Tecnología de alimentos de la Escuela Profesional de Ingeniería de Industrias Alimentarias para la evaluación fisicoquímica.

La caracterización de la composición química del AE, se realizó en el Laboratorio de Análisis, Nutrición y Toxicología del Instituto de Investigación Tecnológica Agroindustrial de la Universidad Nacional del Santa (Chimbote, Huaraz).

2.2. Población, muestra y muestreo

2.2.1. Población

Las hojas de hierbaluisa se recolectaron en el distrito de Chirinos, provincia de San Ignacio, departamento Cajamarca en el mes de enero de 2024. La ubicación geográfica del material vegetal es -5.31823192 de latitud y -78.88176398 de longitud.

Lomo de res adquirida del centro comercial “Mega Plaza” de la Provincia de Jaén utilizada para el consumo humano.

2.2.2. Muestra

22 kg de hierbaluisa, 2 kg de lomo de res del centro comercial mega plaza de la provincia de Jaén y 9.6 mL de AE extraídos.

2.2.3. Muestreo

Para la recolección de hierbaluisa (*Cymbopogon citratus*) el muestreo fue no probabilístico, según conveniencia de los investigadores. La muestra de lomo de res estuvo constituida por 28 piezas de 25 g cada una y fueron acondicionadas para evaluar los tratamientos indicados.

2.3. Métodos, técnicas y procedimientos e instrumentos de recolección de datos

2.3.1. Métodos, técnicas y procedimientos

La investigación se realizó en tres etapas: extracción del AE de hierbaluisa (*Cymbopogon citratus*) mediante hidrodestilación, caracterización del AE mediante CG/FID, análisis fisicoquímicos y microbiológicos.

Etapla 1: Extracción de AE de hierbaluisa (*Cymbopogon citratus*) mediante hidrodestilación

- Recolección del material vegetal

Las hojas de hierbaluisa fueron recolectadas en el distrito de Chirinos, la ubicación geográfica corresponde a - 5.31823192 de latitud y - 78.88176398 de longitud. El corte del material vegetal se realizó desde el inicio de la hoja con la ayuda de una hoz, considerando una dimensión de 6 cm de largo. Luego se colocaron las hojas en sacos de yute para ser trasladados a la Universidad Nacional de Jaén.

- Pre tratamiento del material vegetal

La cantidad de hierbaluisa recolectada fue de 22 kg, se seleccionaron las hojas sin presencia de daños físicos. Se separaron las hojas selectas en ramilletes de 250 g y se ataron a un cordel, los ramilletes se acondicionaron en un ambiente bajo sombra, a 50 cm sobre el piso, con flujo de aire natural; esto permitió

realizar un secado natural uniforme a temperatura ambiente de 26 °C, durante un periodo de 72 horas. Pasadas las 72 horas de secado, se molieron las hojas con la ayuda de un molino de grano eléctrico (marca corona) adaptado a un motor de 1hp, con dimensiones de 60 x 31 x 43 cm y un voltaje de 220v. Terminado el proceso de molido, la muestra pasó por un tamiz (marca Tyler) obteniendo partículas de 0.5 µm aproximadamente.

- Extracción

El proceso de extracción del AE de hierbaluisa se llevó a cabo durante 2 horas, utilizando un equipo Clevenger marca GLASSCO. Este equipo consta de una manta de calentamiento marca ISOLAB, un balón de destilación con capacidad de 6 L, una trampa Clevenger y un condensador. Se agregó la muestra de material vegetal seca y agua destilada en el balón de destilación, teniendo en cuenta la relación de masa/volumen de 1/11 (g de muestra seca/mL de agua destilada), a continuación se añadió 300 g de hierbaluisa molida y 3300 mL de agua destilada (Moncayo, 2022). El proceso inició con el calentamiento del equipo Clevenger hasta alcanzar una temperatura de 400°C, al llegar a dicha temperatura el agua alcanza el punto de ebullición, el vapor de agua generado penetra los tejidos del material vegetal vaporizando las sustancias volátiles, la mezcla de vapor saturado y AE es dirigido a través de la trampa Clevenger hasta llegar al condensador donde cambia de fase. La trampa Clevenger, cuenta con un brazo lateral el cual está formado por una bureta graduada que recibe el AE y el agua floral que cae del condensador, permitiendo extraer de manera adecuada el AE que se obtiene (Franco, 2015). Pasadas las 2 horas de extracción se realizó la descarga del AE de la trampa Clevenger a un envase transparente con capacidad de 5 mL; seguido a ello,

se llevó a cabo la separación del AE puro de la mezcla de AE más el agua obtenida (AE diluido), para este proceso se utilizaron jeringas con capacidad de 1 mL. El AE obtenido se envasó en un frasco ámbar de 5 mL y se refrigeró a temperatura de 4°C hasta ser añadido al lomo de res.

El rendimiento de la extracción del AE de hierbaluisa obtenido mediante hidrodestilación se calculó con la Ecuación (1) adaptada de Tofiño et al. (2017).

$$\text{Rendimiento de extracción} = \frac{V \cdot 100}{M} \quad (1)$$

Donde:

V= volumen extraído en mL

M= masa utilizada en g

Etapa 2: Caracterización del AE mediante cromatografía de gases acoplada a un detector de ionización de llama CG-FID:

La caracterización química del AE de hierbaluisa (*Cymbopogon citratus*) se realizó en el laboratorio de Análisis, Nutrición y Toxicología del Instituto de Investigación Tecnológica Agroindustrial de la Universidad Nacional del Santa, mediante cromatografía de gases (GC-FID). Para ello se utilizó un Cromatógrafo marca Shimadzu 2010, acoplado al detector FID Modelo 3010 MINIFID. El AE fue diluido (100 µL de aceite esencial + 900 µL de éter de petróleo de grado analítico) previamente. La separación cromatográfica se realizó en una columna capilar Marca RESTEK Rtx-5 (30 m x 0.25 mm x 0.25 µm) y el helio se utilizó como gas de arrastre con un flujo de 1.8 mL/min. La inyección se realizó en modo split (100:1), siendo el volumen de inyección de 1 µL. El inyector, el detector, la línea de transferencia y la fuente de

ionización fueron mantenidos a 250, 250, 240 y 250°C. El horno se configuró a 75°C y se mantuvo durante 8 min a 250°C a 4 °C/min. Los compuestos detectados se identificaron y cuantificaron por comparación con estándares de los compuestos diferenciados (Adams, 2017) (Anexo 12).

Etapa 3: Análisis fisicoquímicos y microbiológicos

Para los análisis se utilizaron 2 kg de lomo de res (*Longissimus lumborum*), a los cuales se les realizaron los cortes con dos cuchillos de acero inoxidable para acondicionar las muestras; se emplearon 28 muestras de lomo de res de 25 g. Asimismo, se realizó un análisis fisicoquímico y microbiológico al lomo de res obtenido para llevar un control de la humedad, pH y acidez inicial de la muestra, así como para asegurar la presencia o ausencia de algún microorganismo patógeno.

Para la adición del AE de hierbaluisa al lomo de res, se utilizó una mezcla de aceite vegetal de girasol comestible, el cual sirvió como vehículo de difusión (Anexo 2) y AE de hierbaluisa. El volumen de aceite vegetal utilizado fue de 3 mL por cada pieza de 25 g (volumen con el cual se garantizó la distribución de la mezcla de aceites en toda la superficie del lomo de res), la dosificación de AE planteada (0.2, 0.5 y 0.8%) se mezcló y homogenizó con el aceite vegetal según cada tratamiento. Los volúmenes totales correspondieron a 21 mL de aceite vegetal y 0.35 mL de AE para la dosificación de 0.2%, 21 mL de aceite vegetal y 0.875 mL de AE para la dosificación de 0.5%, y 21 mL de aceite vegetal y 1.4 mL de AE para la dosificación de 0.8%. Luego de ello se acondicionaron las mezclas homogéneas de aceites según dosificación con una jeringa de 3 mL a cada bolsa de polipropileno (marca ziploc) con cierre hermético (16.5 cm de ancho y 14.9 cm de alto). Una vez esparcido el aceite

en toda la superficie interior de la bolsa, se introdujeron las piezas de lomo de res, inmediatamente se sellaron herméticamente las bolsas y se realizó un masaje a la pieza envasada dejándolas en reposo por 40 minutos con la finalidad de macerar el lomo de res y permitir que el AE se adhiriera y penetre la muestra.

a) Análisis fisicoquímicos

La determinación de la composición fisicoquímica se llevó a cabo por triplicado, se trabajó con 15 g de carne de lomo de res macerada con AE de hierbaluisa (*Cymbopogon citratus*) y aceite vegetal de girasol, los procedimientos se describen a continuación:

- Determinación de pH: se pesó 5 g de muestra (lomo de res con AE de hierbaluisa), se le añadió 5 mL de agua destilada y se trituró en un mortero durante 3 minutos; a continuación, se filtró la mezcla de carne utilizando papel Whatman de N° 3 de 6 mm, con el fin de eliminar el tejido conectivo, luego se realizó la lectura del pH de la carne en el potenciómetro (marca Mehtrohm), de esta manera se obtuvieron los datos requeridos para cada evaluación (Marquina, 2018).
- Determinación de acidez: se realizó mediante el método de titulación, para ello se pesaron 10 g de muestra de lomo de res por cada tratamiento y se transportaron a un mortero, al cual se le adicionó 10 mL de agua destilada; consiguientemente se trituró la muestra y se homogenizó durante un minuto, se filtró la solución usando papel Whatman N° 3 de 6 mm, el líquido obtenido se depositó en una fiola de 100 mL y se adicionó agua destilada hasta el aforo. A continuación, se dispuso 25 mL en un matraz de 250 mL, se adicionaron 3 gotas de fenolftaleína y se agitó

suavemente hasta homogenizar la mezcla y luego se procedió a titular con NaOH al 0.0733 N (Buitron y Quispe 2016). Los resultados se reportaron en porcentaje de acidez según la Ecuación 2:

$$X = \frac{(NaOH) \times 0.0733 \times 0.090}{M} \times 100 \quad (2)$$

Donde:

NaOH: gasto de NaOH

Meq/ac: 0.090

M: Cantidad muestra

- Determinación de humedad: se utilizó 2 g de muestra, se trituró en un mortero y se colocó en el equipo medidor de humedad marca Sartorius, el cual fue configurado a una temperatura de 105°C durante 40 minutos, terminado el tiempo se tomó la lectura como porcentaje de humedad (Avila, 2018).

b) Análisis microbiológico

Se utilizó 10 g de muestra (carne + AE de hierbaluisa) por cada tratamiento (0, 0.2, 0.5 y 0.8%) y se preparó 360 ml de agua peptonada para favorecer el crecimiento de microorganismos. Para cada tratamiento se utilizó 90 ml de agua peptonada + 10 g de muestra, esto procedió a ser la dilución inicial (10^{-1}) la cual se homogenizó y se incubó por 24 horas. Luego del periodo de incubación se realizaron las diluciones seriadas de 10^{-2} y 10^{-3} y se procedió a incubar durante 18 horas. Estas diluciones se realizaron por cada tratamiento y se utilizaron para determinar la presencia de *Staphylococcus aureus*, *E. coli* y *Salmonella spp.*

- Determinación y recuento de *S. aureus*.

Se utilizó como medio de cultivo Plate Count Agar (PCA), dado que la composición de este medio (peptona de caseína, extracto de levadura, D (+) glucosa, Agar) favorece el crecimiento de *S. aureus* (Bioagar, 2022). El agar se sirvió en placas Petri por duplicado y se procedió a sembrar mediante estriado simple utilizando las diluciones 10^{-1} , 10^{-2} y 10^{-3} , luego se incubó durante 18 horas. Pasado el tiempo de incubación se realizaron pruebas de catalasa y coagulasa (anexo 8) para identificar la bacteria, se empleó plasma sanguíneo y se consideró utilizar la placa con mayor formación de colonias para dicha evaluación; asimismo, se realizó un recuento de UFC mediante la técnica de conteo bacteriano en placa, utilizando un contador de colonias marca Labtron, para determinar la cantidad de colonias presentes en las muestras (Azabache et al., 2001).

- Determinación de *Salmonella spp.*

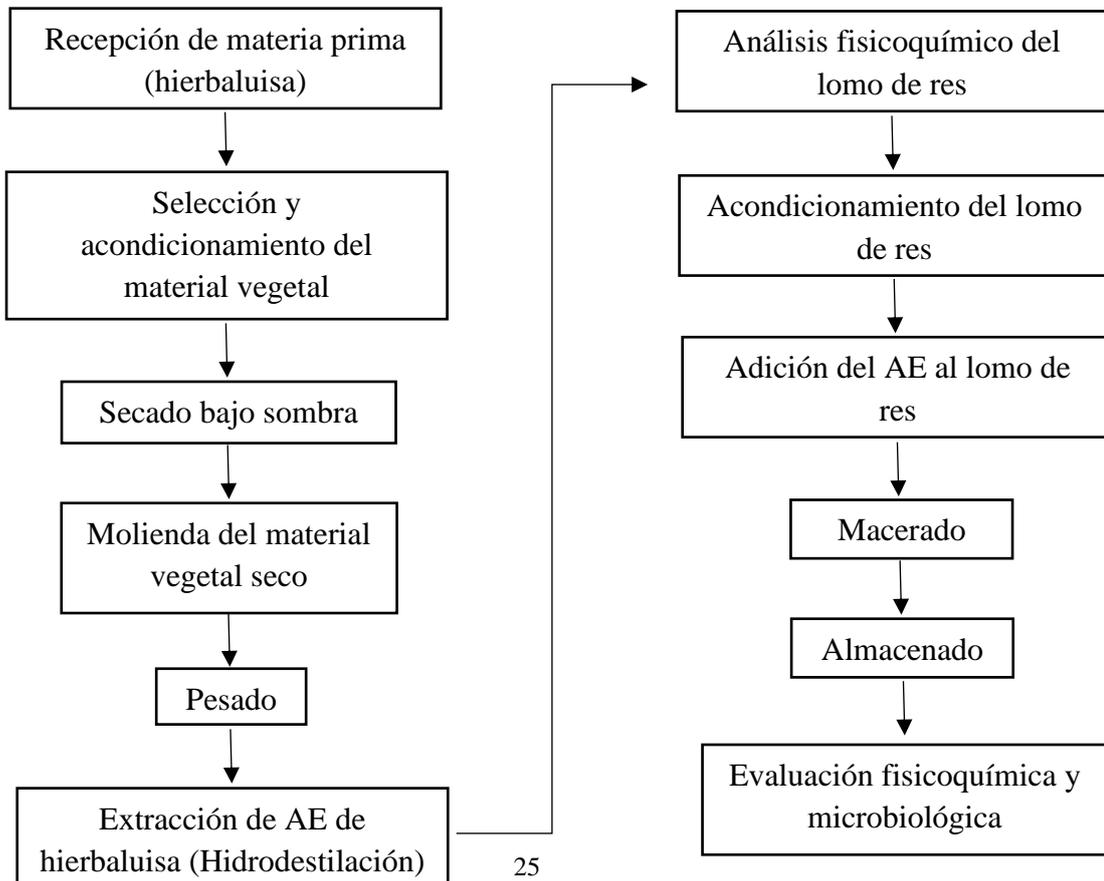
Para la determinación de *Salmonella spp.* se utilizó el medio de cultivo Agar de Xilosa-Lisina-Desoxicolato (XLD Agar) (Bioagar, 2021), el cual se utilizó para hacer una siembra simple del microorganismo cultivado previamente, luego se realizó una Tinción de Gram en la que se emplearon cristal violeta, lugol de Gram, alcohol-acetona y safranina como reactivos para confirmar la presencia de *Salmonella spp.* Asimismo, se realizaron pruebas bioquímicas para las cuales se utilizó Agar hierro tres azúcares (TSI), Agar lisina hierro (LIA), medio de cultivo SIM, Agar citrato de Simmons y caldo glucosado con las que se determinó la presencia del microorganismo.

- Determinación de *E. coli*

Se realizaron pruebas bioquímicas para determinar la presencia de *E. coli* en las muestras, los reactivos empleados fueron: Agar hierro tres azúcares (TSI), Agar lisina hierro (LIA), medio de cultivo SIM, Agar citrato de Simmons y caldo glucosado. También se empleó Agar Macconkey para confirmar la presencia del microorganismo; asimismo, se empleó la técnica del Número más probable (NMP) para establecer la cantidad de microorganismos presentes. La Figura 1 presenta los pasos para la conservación del lomo de res con AE de hierbaluisa.

Figura 1

Flujograma del proceso de la extracción del AE de hierbaluisa y conservación del lomo de res (Longissimus lumborum) con AE de hierbaluisa (Cymbopogon citratus)



2.3.2. Recolección de datos

Los valores se registraron en una ficha de recolección de datos mediante la evaluación fisicoquímica y microbiológico obtenidas a través de ensayos. Los datos recolectados fueron tabulados y preparados en Excel.

2.4. Análisis de datos

Los valores se realizaron para tres tratamientos y una muestra control; se utilizó el test de Kruskal-Wallis y luego el test de Comparaciones Múltiples de Nemenyi, considerando un nivel de 5% de significancia.

El estudio es de tipo longitudinal con un diseño experimental completamente al azar, considerando como factor la variable dosificación de AE de hierbaluisa en sus niveles de 0.2, 0.5 y 0.8%, incluyendo el testigo (0%).

Donde:

C: Muestra control, a la cual no se le aplicó el AE (0%).

T1: Muestra a la que se le aplicó 0.2% de AE.

T2: Muestra a la que se le añadió 0.5% de AE.

T3: Muestra a la que se le adicionó 0.8% de AE.

Al ser un estudio longitudinal, el diseño presentado en la Tabla 1 se mantiene constante a lo largo del periodo de evaluación (21 días).

Tabla 1

Diseño del estudio longitudinal con un diseño experimental completamente al azar

Tratamiento	Análisis fisicoquímicos	Repetición
C	Humedad	R1
		R2
		R3
	pH	R1
		R2
		R3
	Acidez	R1
		R2
		R3
T1	Humedad	R1
		R2
		R3
	pH	R1
		R2
		R3
	Acidez	R1
		R2
		R3
T2	Humedad	R1
		R2
		R3
	pH	R1
		R2
		R3
	Acidez	R1
		R2
		R3
T3	Humedad	R1

	R2
	R3
<hr/>	
	R1
pH	R2
	R3
<hr/>	
	R1
Acidez	R2
	R3
<hr/>	

III. RESULTADOS

3.1. Rendimiento de extracción del AE de hierbaluisa (*Cymbopogon citratus*)

En la Figura 2 se muestran las etapas del proceso de extracción y rendimiento del AE de hierbaluisa.

Figura 2

Extracción y rendimiento del AE de hierbaluisa (Cymbopogon citratus)



En la Tabla 2 se muestra el porcentaje del rendimiento de extracción del AE de hierbaluisa; se obtuvo un rendimiento de 0.37% (peso/volumen), se realizaron 8 repeticiones de extracción para obtener el volumen requerido para el experimento.

Tabla 2*Rendimiento de extracción del AE de hierbaluisa (Cymbopogon citratus)*

Material vegetal (g)	Volumen de agua destilada (mL)	Relación peso/volumen (g/mL)	Volumen de AE extraído (mL)	Rendimiento de extracción (%)	Volumen total de AE extraído (mL)
300	3300	1/11	1.11 ± 0.13	0.37	9.6

Nota. ±: desviación media estándar

3.2. Caracterización de la composición química del AE de hierbaluisa (*Cymbopogon citratus*)

En la Tabla 3 se muestran los resultados de la cuantificación de compuestos volátiles identificados en el AE de hierbaluisa (*Cymbopogon citratus*) (anexo 12).

Tabla 3*Cuantificación de compuestos volátiles identificados en el AE de hierbaluisa**(Cymbopogon citratus)*

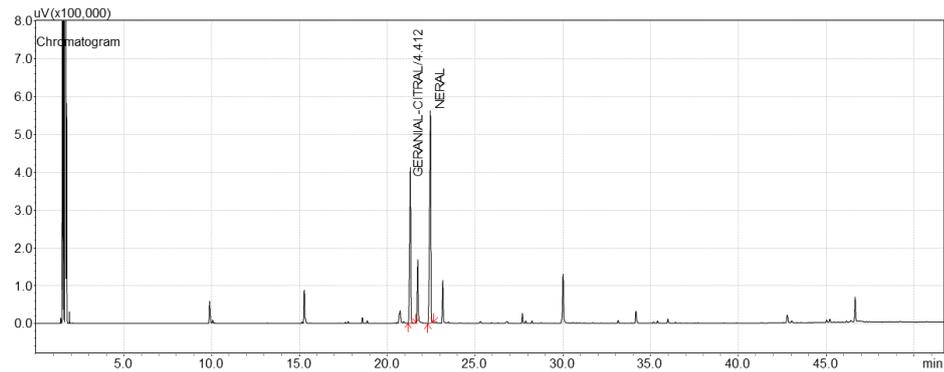
Compuesto químico	Tiempo de retención (min)	Área (m ²)	Concentración (%)	Porcentaje (%)
Geraniol	21.33	175597.0	4.49	44.99
Neral	22.48	2787245.1	3.86	38.64
Linalool	15.27	327327.7	0.53	5.33
β – pineno	9.89	219218.8	0.33	3.33
Limoneno	12.34	1740.6	0.02	0.19

En las Figuras 3, 4, 5 y 6 se muestran los cromatogramas de la identificación de compuestos volátiles presentes en el AE de hierbaluisa (*Cymbopogon citratus*).

En la Figura 3 el cromatograma indica la concentración máxima del compuesto Citral encontrado en el AE de hierbaluisa (*Cymbopogon citratus*); además muestra el tiempo de retención que se tomó para encontrar dicho compuesto.

Figura 3

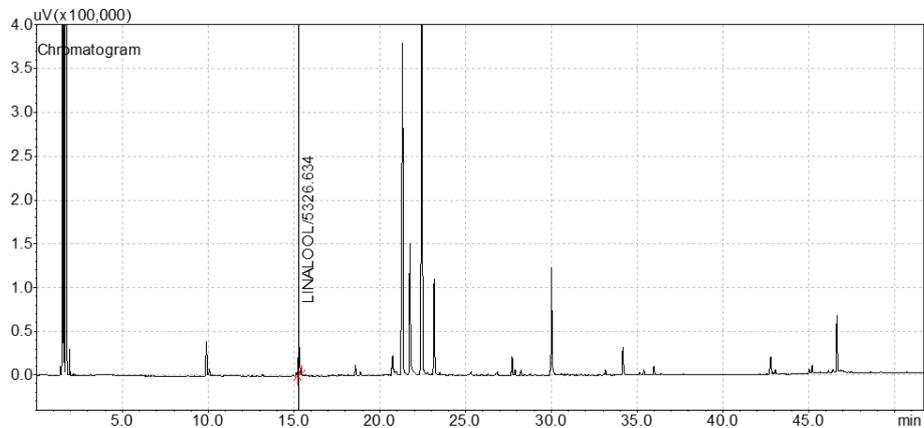
Cromatograma del Citral (Neral y geraniol)



En la Figura 4, el cromatograma muestra información de la concentración máxima del componente Linalool encontrado en el AE de hierbaluisa (*Cymbopogon citratus*) indicando el tiempo de retención en el que fue encontrado.

Figura 4

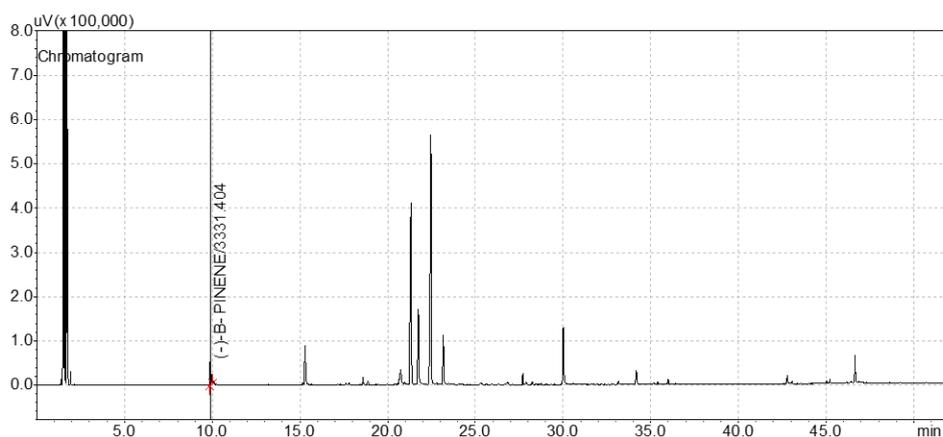
Cromatograma Linalool



En la Figura 5, se observa el cromatograma de la concentración máxima del compuesto β -pineno encontrado en el AE de hierbaluisa (*Cymbopogon citratus*).

Figura 5

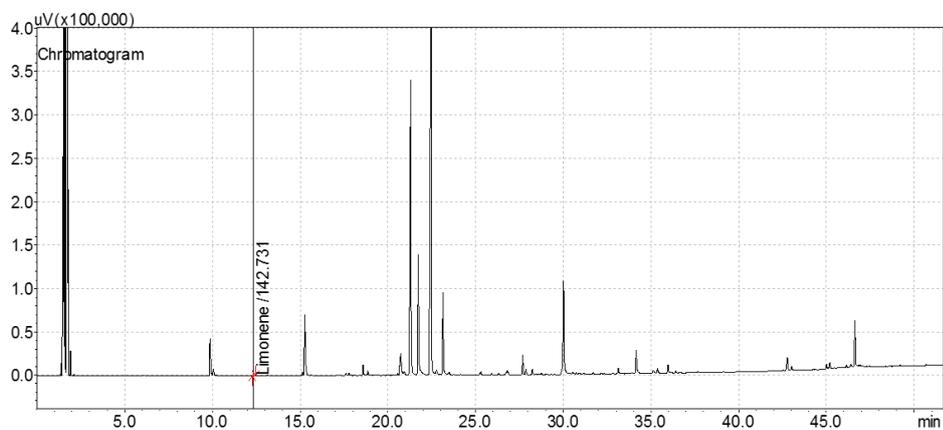
Cromatograma del β -pineno



En la Figura 6, se muestra el cromatograma de la concentración máxima del compuesto Limoneno encontrado en el AE de hierbaluisa (*Cymbopogon citratus*), también se indica el tiempo de retención en el que fue encontrado.

Figura 6

Cromatograma del Limoneno



3.3. Análisis fisicoquímicos y microbiológicos del lomo de res (*Longissimus lumorum*) con AE de hierbaluisa (*Cymbopogon citratus*)

3.3.1. Análisis fisicoquímicos

Se realizó una evaluación de humedad, pH y acidez al lomo de res sin AE de hierbaluisa para conocer los valores iniciales de las muestras, de esta manera se observó la variación de los valores con respecto a los tratamientos con AE y los días de evaluación. Los resultados se muestran en la tabla 4.

Tabla 4

Resultados del análisis inicial del lomo de res (Longissimus lumorum)

Día de evaluación	Humedad	pH	Acidez
0	69.29 ± 1.73	5.59 ± 0.08	0.02 ± 0.003

Nota: ± desviación media estándar

Además, se realizaron análisis de humedad, pH y acidez en las muestras de lomo de res con AE de hierbaluisa cada dos días durante un periodo de 21 días.

- Humedad

En la Tabla 5 se muestra los resultados de los análisis de humedad, con la desviación estándar de cada día de evaluación.

Tabla 5

Resultados de la humedad del lomo de res (Longissimus lumborum) con AE de hierbaluisa (Cymbopogon citratus)

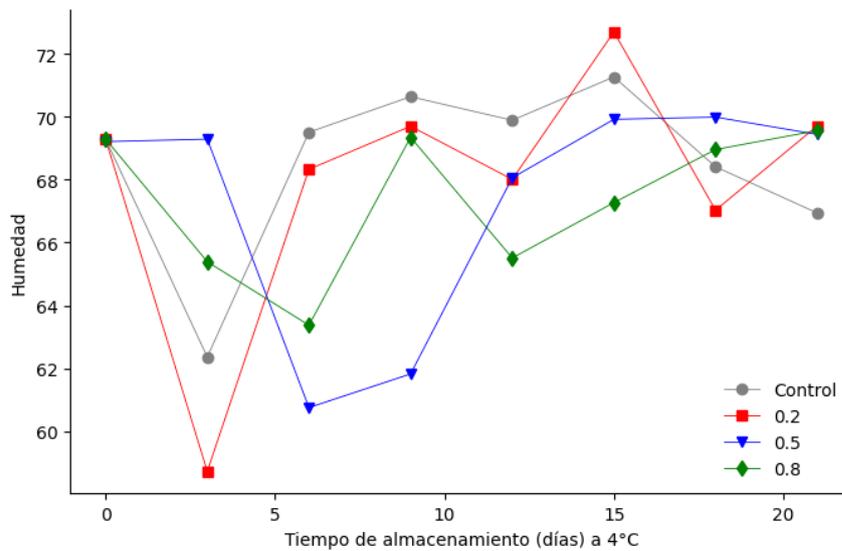
Día de almacenamiento	Tratamientos			
	C (0%)	T1 (0.2%)	T2 (0.5%)	T3 (0.8%)
0	69.29 ± 1.73	69.29 ± 1.73	69.29 ± 1.73	69.29 ± 1.73
3	62.36 ± 2.54	58.72 ± 4.27	60.75 ± 2.69	65.39 ± 0.90
6	69.51 ± 1.37	68.33 ± 2.50	61.82 ± 2.67	63.37 ± 1.52
9	70.64 ± 0.77	69.70 ± 0.54	66.90 ± 0.57	69.35 ± 4.16
12	69.89 ± 0.74	68.01 ± 2.73	68.06 ± 0.86	65.51 ± 4.30
15	71.27 ± 0.77	72.70 ± 2.33	69.92 ± 0.88	67.27 ± 2.13
18	68.41 ± 2.46	67.03 ± 5.48	69.99 ± 1.23	68.96 ± 0.60
21	66.94 ± 3.67	69.71 ± 1.26	69.44 ± 0.93	69.56 ± 0.43

Nota: ± desviación media estándar

En la Figura 7 se muestra el comportamiento de la humedad para los diferentes tratamientos de lomo de res con AE de hierbaluisa, mostrando que la concentración de AE de 0% es la que termina con el porcentaje de humedad más bajo.

Figura 7

Valores de la humedad del lomo de res (Longissimus lumborum) con AE de hierbaluisa (Cymbopogon citratus)



Nota. Control: Tratamiento control sin AE, 0.2: Tratamiento 1 con 0.2% de AE, 0.5: Tratamiento 2 con 0.5% de AE y 0.8: Tratamiento 3 con 0.8% de AE.

- pH

En la Tabla 6 se muestran los resultados de los análisis del pH, con la desviación estándar de cada día de evaluación.

Tabla 6

Resultados del pH del lomo de res (Longissimus lumborum) con AE de hierbaluisa (Cymbopogon citratus)

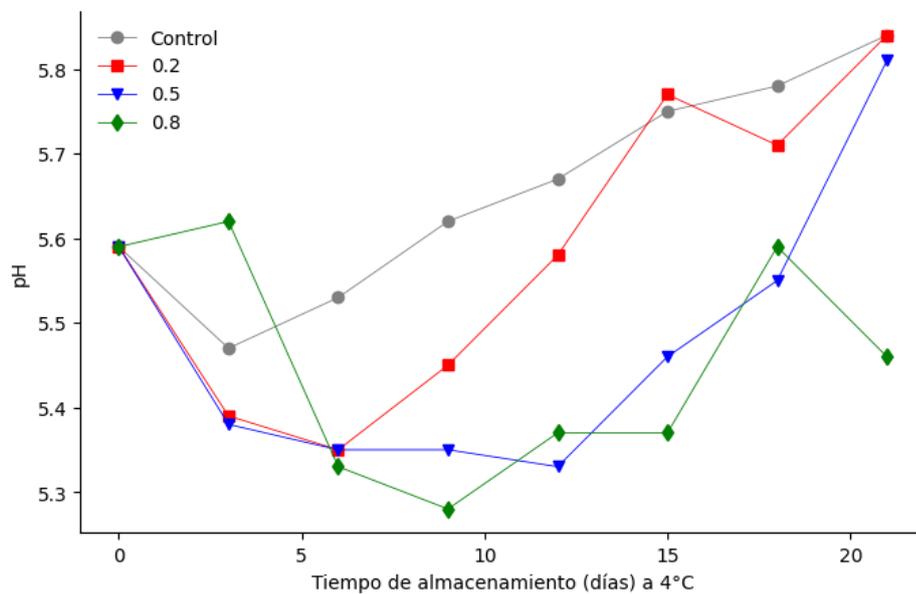
Día de almacenamiento	Tratamientos			
	C (0%)	T1 (0.2%)	T2 (0.5%)	T3 (0.8%)
0	5.59 ± 0.08	5.59 ± 0.08	5.59 ± 0.08	5.59 ± 0.08
3	5.47 ± 0.04	5.39 ± 0.02	5.38 ± 0.03	5.62 ± 0.01
6	5.53 ± 0.05	5.35 ± 0.02	5.35 ± 0.01	5.33 ± 0.02
9	5.62 ± 0.03	5.45 ± 0.08	5.35 ± 0.04	5.28 ± 0.02
12	5.67 ± 0.02	5.58 ± 0.04	5.33 ± 0.01	5.37 ± 0.01
15	5.75 ± 0.03	5.77 ± 0.02	5.46 ± 0.09	5.37 ± 0.01
18	5.78 ± 0.04	5.71 ± 0.05	5.55 ± 0.10	5.59 ± 0.03
21	5.84 ± 0.02	5.84 ± 0.02	5.81 ± 0.02	5.46 ± 0.02

Nota: ± desviación media estándar

La Figura 8, ilustra el comportamiento del pH en los distintos tratamientos de lomo de res con AE de hierbaluisa, mostrando que la concentración de AE de 0.8% es en la que se mostró el pH más bajo.

Figura 8

Valores del pH del lomo de res (Longissimus lumborum) con AE de hierbaluisa (Cymbopogon citratus)



Nota. Control: Tratamiento control sin AE, 0.2: Tratamiento 1 con 0.2% de AE, 0.5: Tratamiento 2 con 0.5% de AE y 0.8: Tratamiento 3 con 0.8% de AE.

- Acidez

En la Tabla 7 se muestran los resultados de los análisis de la acidez, con la desviación estándar de cada día de evaluación.

Tabla 7

Resultados de la acidez del lomo de res (Longissimus lumborum) con AE de hierbaluisa (Cymbopogon citratus)

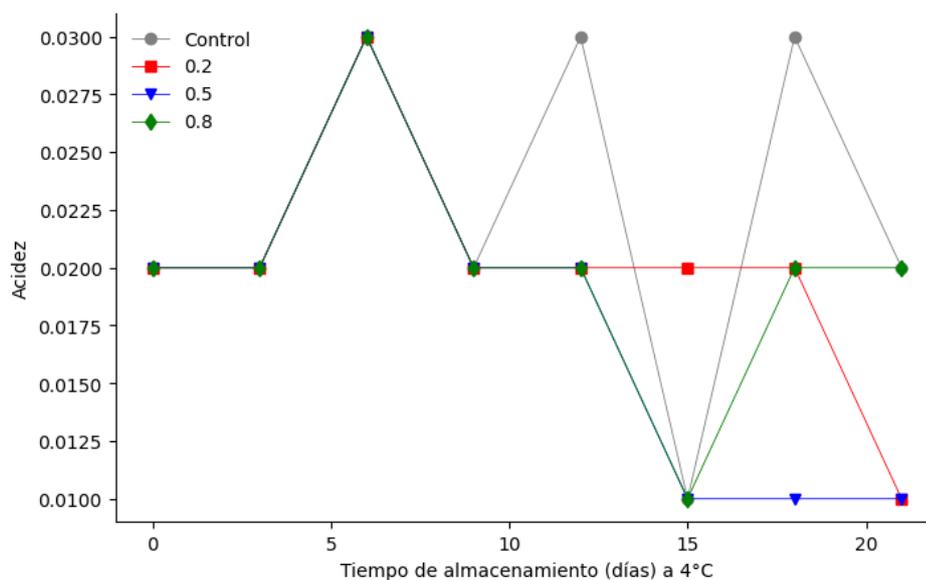
Día de almacenamiento	Tratamientos			
	C (0%)	T1 (0.2%)	T2 (0.5%)	T3 (0.8%)
0	0.02 ± 0.003	0.02 ± 0.003	0.02 ± 0.003	0.02 ± 0.003
3	0.02 ± 0.004	0.02 ± 0.003	0.02 ± 0.003	0.02 ± 0.003
6	0.03 ± 0.001	0.03 ± 0.001	0.03 ± 0.001	0.03 ± 0.005
9	0.02 ± 0.008	0.02 ± 0.001	0.02 ± 0.006	0.02 ± 0.006
12	0.03 ± 0.003	0.02 ± 0.005	0.02 ± 0.006	0.02 ± 0.003
15	0.01 ± 0.003	0.02 ± 0.002	0.01 ± 0.003	0.01 ± 0.001
18	0.03 ± 0.002	0.02 ± 0.001	0.01 ± 0.001	0.02 ± 0.003
21	0.02 ± 0.002	0.01 ± 0.001	0.01 ± 0.002	0.02 ± 0.003

Nota: ± desviación media estándar

La Figura 9 muestra el comportamiento de la acidez con respecto a cada tratamiento, se observa una ligera variación en cada una de las dosificaciones de lomo de res con AE de hierbaluisa (*Cymbopogon citratus*).

Figura 9

Valores de la acidez del lomo de res (*Longissimus lumborum*) con AE de hierbaluisa (*Cymbopogon citratus*)



Nota. Control: Tratamiento control sin AE, 0.2: Tratamiento 1 con 0.2% de AE, 0.5: Tratamiento 2 con 0.5% de AE y 0.8: Tratamiento 3 con 0.8% de AE.

3.3.2. Análisis microbiológicos

Se realizó una evaluación microbiológica al lomo de res sin AE de hierbaluisa para conocer la presencia o ausencia de microorganismos patógenos en las muestras, de esta manera se observó la variación con respecto a los tratamientos con AE y los días de evaluación. Los resultados se muestran en la Tabla 8.

Tabla 8

Resultados del análisis inicial del lomo de res (Longissimus lumborum)

Día de evaluación	<i>Salmonella spp.</i>	<i>E. coli</i>	<i>S. aureus</i>
0	Presencia	Presencia	Presencia

- Identificación y recuento de UFC de *Staphylococcus aureus*

Para la identificación de *S. aureus* se utilizó la prueba de coagulasa y catalasa.

Los valores obtenidos se muestran en la Tabla 9.

Tabla 9

Identificación de Staphylococcus aureus en los tratamientos C, T1, T2, T3.

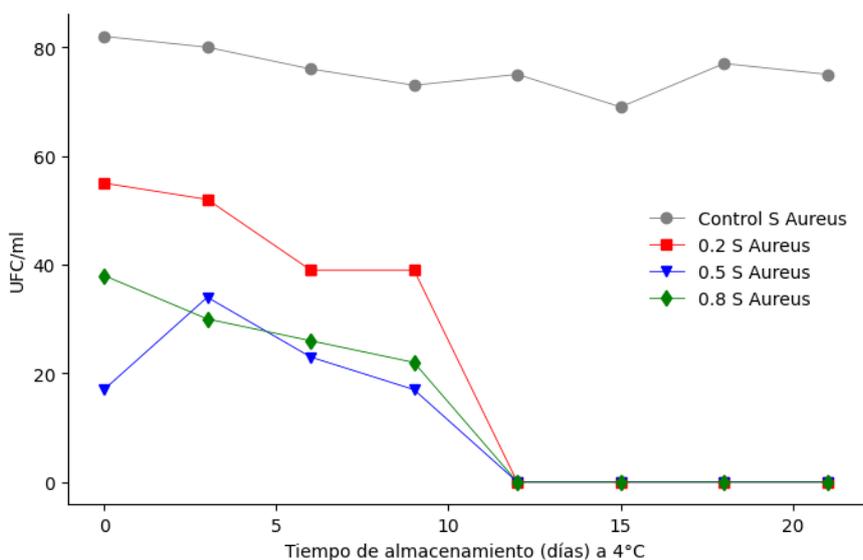
Identificación de <i>S. aureus</i>		
Días de evaluación	Coagulasa	Catalasa
0	+	+
3	+	+
6	+	+
9	+	+
12	+	+
15	-	-
18	-	-
21	-	-

Nota. (+) Presencia, (-) Ausencia de *S. aureus*.

Además, se llevó a cabo un recuento en placa de las unidades formadoras de colonias (UFC) de *S. aureus* para identificar la carga bacteriana presente en las muestras. Los resultados se muestran en la Figura 10.

Figura 10

Recuento de UFC de S. aureus en una Dilución de 10⁻³



Nota. Control *S. Aureus*: Tratamiento control sin AE, 0.2 *S. Aureus*: Tratamiento 1 con 0.2% de AE, 0.5 *S. Aureus*: Tratamiento 2 con 0.5% de AE y 0.8 *S. Aureus*: Tratamiento 3 con 0.8% de AE.

- Identificación de *Salmonella spp.* y *E. coli*

En la Tabla 10, se muestran los resultados de presencia y/o ausencia de *Salmonella spp.* y *E. coli* donde se evidencia que existe presencia hasta el día 12 en el tratamiento control (0%) y en el tratamiento 1 (0.2%).

Tabla 10*Identificación de Salmonella spp. y E. coli*

Tiempo (días)	Tratamiento	Concentración AE%	<i>Salmonella spp.</i>	<i>E. coli</i>
0	C	0.0	Presencia	Presencia
	T1	0.2	Presencia	Presencia
	T2	0.5	Presencia	Presencia
	T3	0.8	Presencia	Presencia
3	C	0.0	Presencia	Presencia
	T1	0.2	Presencia	Presencia
	T2	0.5	Presencia	Presencia
	T3	0.8	Presencia	Presencia
6	C	0.0	Presencia	Presencia
	T1	0.2	Presencia	Presencia
	T2	0.5	Presencia	Presencia
	T3	0.8	Presencia	Presencia
9	C	0.0	Presencia	Presencia
	T1	0.2	Presencia	Presencia
	T2	0.5	Presencia	Presencia
	T3	0.8	Ausencia	Ausencia
12	C	0.0	Presencia	Presencia
	T1	0.2	Presencia	Presencia
	T2	0.5	Ausencia	Presencia
	T3	0.8	Ausencia	Ausencia
15	C	0	Presencia	Presencia
	T1	0.2	Presencia	Ausencia
	T2	0.5	Ausencia	Ausencia
	T3	0.8	Ausencia	Ausencia
18	C	0	Presencia	Presencia
	T1	0.2	Ausencia	Ausencia
	T2	0.5	Ausencia	Ausencia

	T3	0.8	Ausencia	Ausencia
	C	0	Presencia	Presencia
21	T1	0.2	Ausencia	Ausencia
	T2	0.5	Ausencia	Ausencia
	T3	0.8	Ausencia	Ausencia

Nota. C: Tratamiento control de lomo de res sin AE, T1: Tratamiento 1 de lomo de res con 0.2% de AE, T2: Tratamiento 2 de lomo de res con 0.5% de AE y T3: Tratamiento 3 de lomo de res con 0.8% de AE.

En la Tabla 11 se muestran los resultados del Número Más Probable (NMP), indicando la cantidad de *E. coli* presentes en cada tratamiento, en el cual se evidencia que en el tratamiento 3 (0.8%), en el día 9 se produce el efecto antimicrobiano del AE eliminando la presencia de la bacteria.

Tabla 11

Cuantificación de E. coli utilizando la técnica del número más probable (NMP)

Tratamiento / día de almacenamiento	0	3	6	9	12	15	18	21
C	11	11	11	11	11	11	11	11
T1	11	11	11	9.8	7.7	<3.0	<3.0	<3.0
T2	7.7	11	11	9.8	6.13	<3.0	<3.0	<3.0
T3	11	11	11	<3.0	<3.0	<3.0	<3.0	<3.0

Nota. T1: Tratamiento control de lomo de res sin AE, T1: Tratamiento 1 de lomo de res con 0.2% de AE, T2: Tratamiento 2 de lomo de res con 0.5% de AE y T3: Tratamiento 3 de lomo de res con 0.8% de AE.

3.3.3. Estadística inferencial de los parámetros fisicoquímicos

Como los valores obtenidos de los indicadores fisicoquímicos, en cada uno de los días, no cumplieron con los supuestos paramétricos de normalidad y homocedasticidad (anexos del 13 al 19) se realizaron pruebas no paramétricas para analizar las diferencias significativas en los indicadores, en cada día de

evaluación; utilizando el test de Kruskal-Wallis y luego el test de Comparaciones Múltiples de Nemenyi, considerando un nivel de 5% de significancia (anexos 20 al 26). Los resultados se muestran en la tabla 12, para ambos análisis, se tienen asignadas letras (superíndices de los promedios) distintas a aquellos tratamientos que son significativamente diferentes entre sí.

Se puede ver que, en el último día de observación (día 21), los tratamientos no presentaron diferencias significativas entre sí (todos comparten la misma letra), para los valores de humedad, pH y acidez. En el día 18 de evaluación se observa un efecto de los tratamientos en el indicador de acidez, presentando, significativamente mayor acidez el tratamiento control (C) respecto al tratamiento T2 (no comparten la misma letra). Para el día 15 de evaluación se puede ver un efecto de los tratamientos en los niveles de pH, teniendo mayor valor el tratamiento T1 respecto al tratamiento T3 (no comparten la misma letra).

Tabla 12

Resumen de los parámetros fisicoquímicos de lomo de res (Longissimus lumborum) con AE de hierbaluisa (Cymbopogon citratus)

Días de evaluación	Tratamiento	Parámetro		
		Humedad	pH	Acidez
0	C	69.29 ± 1.73	5.59 ± 0.08	0.018 ± 0.003
	T1	69.29 ± 1.73	5.59 ± 0.08	0.018 ± 0.003
	T2	69.29 ± 1.73	5.59 ± 0.08	0.018 ± 0.003
	T3	69.29 ± 1.73	5.59 ± 0.08	0.018 ± 0.003
3	C	62.36 ^a ± 2.54	5.47 ^{ab} ± 0.04	0.016 ^a ± 0.004
	T1	58.72 ^a ± 4.27	5.39 ^{ab} ± 0.02	0.016 ^a ± 0.003
	T2	60.75 ^a ± 2.69	5.38 ^b ± 0.03	0.018 ^a ± 0.003
	T3	65.39 ^a ± 0.90	5.62 ^a ± 0.01	0.018 ^a ± 0.003

6	C	69.51 ^a ± 1.37	5.53 ^a ± 0.05	0.026 ^a ± 0.001
	T1	68.33 ^a ± 2.50	5.35 ^a ± 0.02	0.027 ^a ± 0.001
	T2	61.82 ^a ± 2.67	5.35 ^a ± 0.01	0.026 ^a ± 0.001
	T3	63.37 ^a ± 1.52	5.33 ^a ± 0.02	0.034 ^a ± 0.005
9	C	70.64 ^a ± 0.77	5.62 ^a ± 0.03	0.018 ^a ± 0.008
	T1	69.70 ^a ± 0.54	5.45 ^{ab} ± 0.08	0.022 ^a ± 0.001
	T2	66.90 ^a ± 0.57	5.35 ^{ab} ± 0.04	0.020 ^a ± 0.006
	T3	69.35 ^a ± 4.16	5.28 ^b ± 0.02	0.021 ^a ± 0.006
12	C	69.89 ^a ± 0.74	5.67 ^a ± 0.02	0.031 ^a ± 0.003
	T1	68.01 ^a ± 2.73	5.58 ^{ab} ± 0.04	0.019 ^a ± 0.005
	T2	68.06 ^a ± 0.86	5.33 ^b ± 0.01	0.023 ^a ± 0.006
	T3	65.51 ^a ± 4.30	5.37 ^{ab} ± 0.01	0.018 ^a ± 0.003
15	C	71.27 ^a ± 0.77	5.75 ^{ab} ± 0.03	0.015 ^a ± 0.003
	T1	72.70 ^a ± 2.33	5.77 ^a ± 0.02	0.022 ^a ± 0.002
	T2	69.92 ^a ± 0.88	5.46 ^{ab} ± 0.09	0.013 ^a ± 0.003
	T3	67.27 ^a ± 2.13	5.37 ^b ± 0.01	0.012 ^a ± 0.001
18	C	68.41 ^a ± 2.46	5.78 ^a ± 0.04	0.026 ^a ± 0.002
	T1	67.03 ^a ± 5.48	5.71 ^a ± 0.05	0.017 ^{ab} ± 0.001
	T2	69.99 ^a ± 1.23	5.55 ^a ± 0.10	0.012 ^b ± 0.001
	T3	68.96 ^a ± 0.60	5.59 ^a ± 0.03	0.019 ^{ab} ± 0.003
21	C	66.94 ^a ± 3.67	5.84 ^a ± 0.02	0.015 ^a ± 0.002
	T1	69.71 ^a ± 1.26	5.84 ^a ± 0.02	0.012 ^a ± 0.001
	T2	69.44 ^a ± 0.93	5.81 ^a ± 0.02	0.014 ^a ± 0.002
	T3	69.56 ^a ± 0.43	5.46 ^a ± 0.02	0.018 ^a ± 0.003

Nota C: Tratamiento control de lomo de res sin AE, T1: Tratamiento 1 de lomo de res con 0.2 % de AE, T2: Tratamiento 2 de lomo de res con 0.5 % de AE y T3: Tratamiento 3 de lomo de res con 0.8% de AE. Promedios que no comparten la misma letra, son significativamente diferentes, según test de Nemenyi, al 5% de significancia

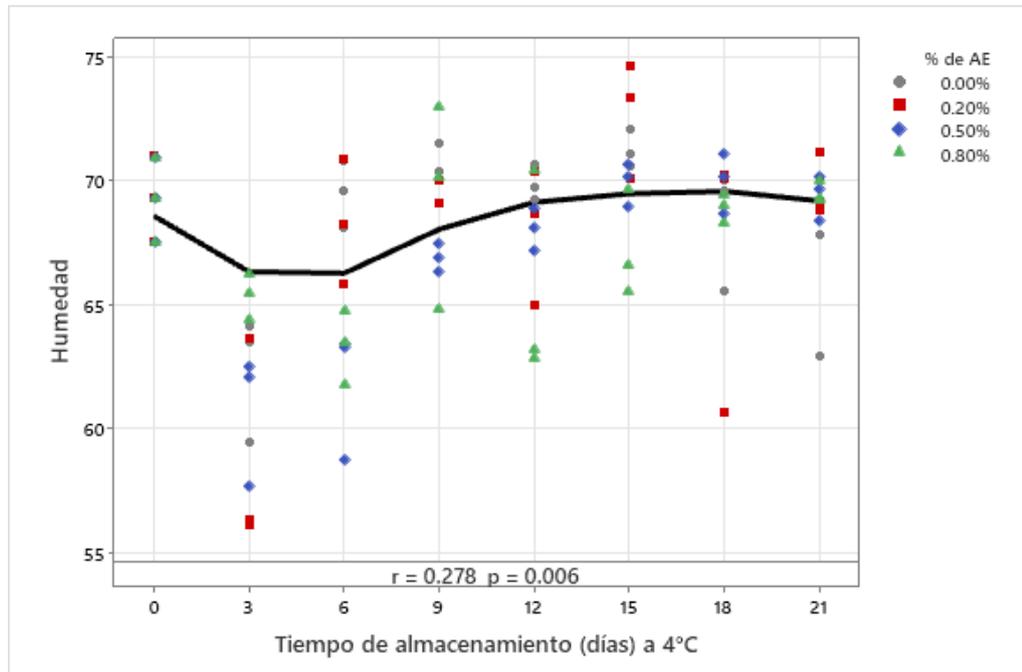
Conociendo que los datos no cumplen con los supuestos para aplicar metodologías paramétricas; para encontrar alguna tendencia en los datos fisicoquímicos a medida que incrementan los días de evaluación, se suavizó el diagrama de puntos de los valores observados para humedad, pH y acidez versus los días de evaluación mediante el método de suavización LOWESS que significa Locally-Weighted Scatterplot Smoother (suavizador de gráficas de dispersión ponderadas localmente). Los resultados se tienen en las figuras 11, 12 y 13. Asimismo en cada figura se muestra el coeficiente de correlación

de Spearman y su respectiva significancia, que evalúa si existe alguna asociación entre los días de evaluación y los parámetros fisicoquímicos de los tratamientos.

Se puede ver que existe una baja correlación positiva ($r = 0.3$) entre la humedad y los días de evaluación (Figura 11), debido a que se presentan dos comportamientos marcados a lo largo de los días, en los que los valores de humedad, para todos los tratamientos, descienden hasta el día 6 para luego incrementar su valor ligeramente hasta el último día de evaluación.

Figura 11

Diagrama de puntos entre los valores de humedad de los tratamientos y los días de observación. Correlación y tendencia

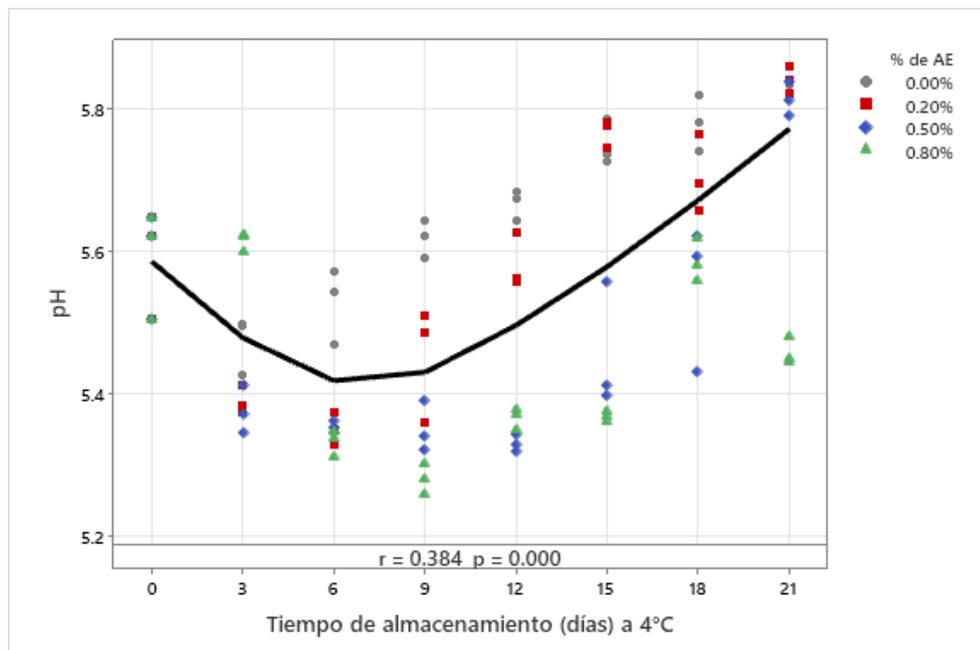


Nota. Línea suavizada mediante el método suavizador LOWESS. r: Coeficiente de Correlación de Spearman. p: p-valor de la prueba de significancia del coeficiente r

En la Figura 12, se puede ver que existe una baja correlación positiva ($r = 0.4$) entre el pH y los días de evaluación, esto porque el comportamiento del pH a lo largo de los días es curvilíneo para todos los tratamientos, descendiendo inicialmente hasta el día 6 para luego incrementar progresivamente hasta el último día de evaluación.

Figura 12

Diagrama de puntos entre los valores de pH de los tratamientos y los días de observación. Correlación y tendencia

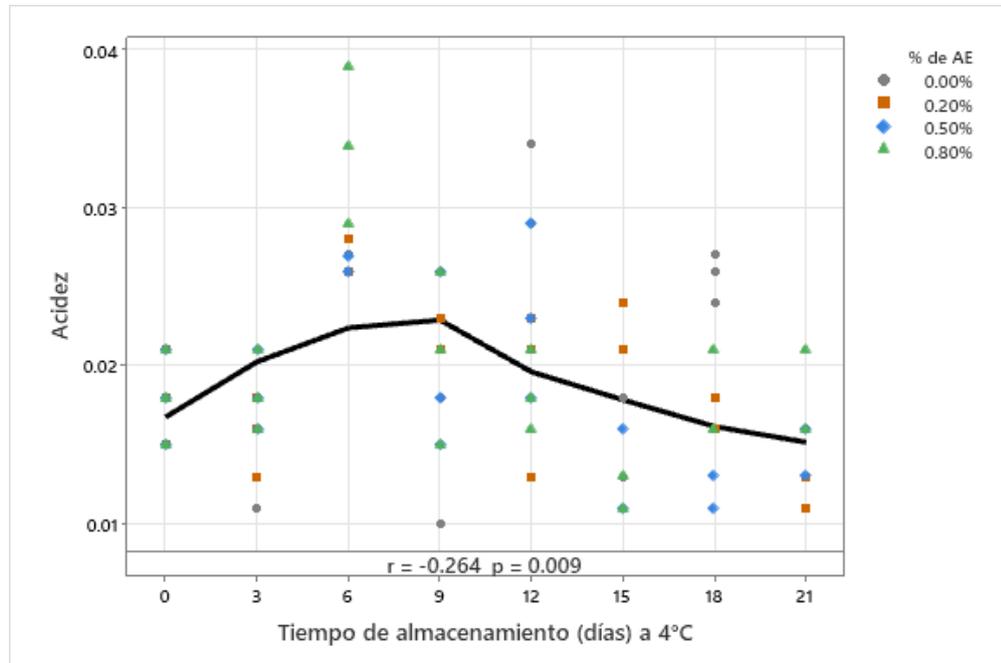


Nota. Línea suavizada mediante el método suavizador LOWESS. r: Coeficiente de Correlación de Spearman. p: p-valor de la prueba de significancia del coeficiente r

Respecto a la asociación entre la acidez de los tratamientos con los días de evaluación, en la Figura 13, se puede ver que existe una baja correlación negativa ($r = -0.3$), esto porque el comportamiento de la acidez a lo largo de los días es curvilíneo para todos los tratamientos, incrementando su valor hasta el día 6, para luego descender y presentar los valores más bajos observados en el día 21.

Figura 13

Diagrama de puntos entre los valores de acidez de los tratamientos y los días de observación. Correlación y tendencia



Nota. Línea suavizada mediante el método suavizador LOWESS. r: Coeficiente de Correlación de Spearman. p: p-valor de la prueba de significancia del coeficiente r

IV. DISCUSIÓN

Se ha evaluado el AE de hierbaluisa en diversas investigaciones, con respecto al rendimiento de extracción Silva et al., (2023) en Brasil, muestra un rendimiento de extracción para hojas secas de hierbaluisa colectadas en invierno, extraído con un aparato de tipo Clevenger por hidrodestilación de 1.48%, asimismo en la investigación realizada por Nebie et al., (2023) en Burkina Faso, África 1.05%, también en Benin, África, Degnon et al., (2016) y Gbenou et al., (2013), reportaron un rendimiento de 1.10% y 0.90% respectivamente y Kanko et al., (2004) en Costa de Marfil, mostró un rendimiento de 0.7%, valores mayores al resultado obtenido en la investigación correspondiente a 0.37%. Sin embargo, Prochnow et al., (2023) en Brasil obtuvo un rendimiento de extracción de 0.44%, resultado similar al mostrado en la investigación; estos resultados muestran la variabilidad del rendimiento de extracción del AE de hierbaluisa, que depende de varios factores, como el clima, la variabilidad estacional y la genómica vegetal (Degnon y Tripathy, 2016; Liao et al., 2021).

Con respecto a la caracterización de la composición química del AE de hierbaluisa (*Cymbopogon citratus*) cuantificado por cromatografía gaseosa acoplada a un detector de ionización de llama (FID), en el estudio se identificaron al citral (83.6%) conformado por geraniol (44.9%) y neral (38.6%), linalool (5.3%), β -pineno (3.3%) y limoneno (0.2%), compuestos que coinciden con lo reportado por Silva et al., (2023) donde indica que los compuestos mayoritarios corresponden a geraniol (43.3%), neral (32.9%), mirceno (14.5%) y linalool (0.7%), igualmente Nebie et al., (2023) reportó principalmente al geraniol (41.5%) y neral (32.8%), es decir con 74.3% citral y β -mirceno (13.7%), asimismo los resultados se asemejan a lo descrito por Bassolé et al. (2011) que identificaron el citral y el mirceno como los principales constituyentes del AE, geraniol

(48.1%), neral (34.6%), mirceno (11.0%) y linalool (0.7%), lo mismo ocurre con el AE identificado por Gbenou et al., (2013) que contenía principalmente geraniol (41.3%), neral (33%), mirceno (10.4%) y linalool (1.2%), igualmente existe similitud con la composición química identificada por Degnon et al., (2016) donde el geraniol (41.3%), neral (33%), mirceno (10.4%) y linalool (0.5%) son los compuestos mayoritarios. También Prochnow et al. (2023) identificó en el AE de hierbaluisa como compuestos mayoritarios a geraniol (40.7%), neral (26.0), mirceno (17.5%) y linalool (1.1%). De igual manera Valková et al., (2022) identificó al geraniol (34.4%) y neral (27.1%) como compuestos mayoritarios del AE. No obstante, el estudio de la composición química del AE reportado por Kanko et al. (2004) identificó como compuesto mayoritario al mirceno (67%), mientras que el citral representaba sólo el 12%, investigación que difiere de lo encontrado en el estudio donde se identificó al citral como el principal constituyente del AE de hierbaluisa. Las investigaciones muestran una composición química similar de los AE extraídos de la hierbaluisa donde predomina el citral como compuesto mayoritario con un porcentaje mayor al 70% (Oliveira et al.,2013).

En relación a la evaluación físico química y microbiológica de la incorporación de AE de hierbaluisa (*Cymbopogon citratus*) como agente antimicrobiano en productos cárnicos, la investigación de Siewe et al. (2015) evaluó el efecto del AE en el crecimiento microbiano de *E. coli* y *S. aureus* en hamburguesas de vacuno al 0.2% almacenadas a 4°C, donde los recuentos microbianos se llevaron a cabo después de 7, 14, 21 y 28 días. Los resultados mostraron una reducción del crecimiento de *E. coli* en 1.21 log UFC/g y el de *S. aureus* en 1.4 log UFC/g tras 28 días de almacenamiento, se observó presencia de *Salmonella spp.* en la muestra inicial del estudio, que pudo ser consecuencia de la manipulación en el acondicionamiento de la muestra inicial que se asemeja a lo reportado por Araujo (2018). La medición del pH durante el periodo de almacenamiento mostró un

ligero descenso durante los primeros 7 días y un aumento durante los últimos 21 días en todas las muestras, resultados similares a los obtenidos en la investigación para el tratamiento de incorporación de 0.2% de AE en lomo de res en almacenamiento a 4°C, donde para *S. aureus* y *E. coli* se observa una reducción de crecimiento y muerte microbiana desde el día 9 y 12 respectivamente, asimismo para el humedad se observó una disminución hasta el día 6 y un incremento durante los últimos 15 días de almacenamiento para todos los tratamientos. También en un estudio realizado por Ngang et al. (2006) mostró un efecto similar del AE sobre la calidad microbiana de las hamburguesas de vacuno refrigeradas en comparación con una muestra control para ambos microorganismos, la carga bacteriana disminuyó con el aumento de la tasa de incorporación del AE, obteniendo resultados semejantes en la reducción microbiana frente al incremento del porcentaje de aceite. Es por ello que el AE de hierbaluisa muestra un gran espectro de actividades biológicas, dentro de ellas una elevada actividad antibacteriana debido a la función que cumple el citral en el mecanismo del daño de la envoltura celular de las bacterias y por ende la inactivación de estas (Gutiérrez et al., 2023; Somolinos et al., 2010), por lo tanto ofrece un gran potencial de conservación para la industria cárnica y alimentaria en general (Kumar et al., 2017; Majewska et al., 2019).

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

Se evaluó la conservación del lomo de res con AE de hierbaluisa (*Cymbopogon citratus*) almacenada a temperatura de refrigeración de 4°C durante 21 días, se muestra que la incorporación del AE en una proporción de 0.8% fue el método con mayor eficacia para inhibir el crecimiento de *S. aureus*, *Salmonella spp* y *E. coli* durante su almacenamiento, no obstante, se observó un efecto antibacteriano para todos los tratamientos. Por lo tanto, el AE podría utilizarse para reducir el crecimiento microbiano del lomo de res durante el almacenamiento por refrigeración.

Se determinó el rendimiento de extracción del AE de hierbaluisa (*Cymbopogon citratus*) mediante hidrodestilación, el proceso consistió en un pre tratamiento del material vegetal (colecta, limpieza, secado y molido) y la extracción en un aparato Clevenger, obteniendo un rendimiento de 0.37% en proporción peso/volumen.

Se caracterizó la composición química del AE de hierbaluisa (*Cymbopogon citratus*) por cromatografía gaseosa acoplada a un detector de ionización de llama, identificando como compuestos al citral (83.6%) conformado por geraniol (44.9%) y neral (38.6%), linalool (5.3%), β -pineno (3.3%) y limoneno (0.2%),

Se analizó las características fisicoquímicas y microbiológicas del lomo de res con AE de hierbaluisa (*Cymbopogon citratus*), con respecto a la humedad, el pH y la acidez mostraron comportamientos de disminución hasta el día 6 y un incremento en los últimos 15 días, una variación final mayor para tres tratamientos y disminución para el tratamiento 4 y una estabilidad durante los 21 días de almacenamiento, respectivamente. Asimismo, la evaluación microbiológica reportó presencia de *S. aureus*, *Salmonella spp.* y *E. coli* hasta el día 12 para los tratamientos con incorporación de AE.

Recomendaciones

A estudiantes con afinidad a la investigación sobre el tema, resulta conveniente orientar el estudio a evaluar la conservación de productos cárnicos incorporados con AE y empacados en diferentes envases, para promover el uso de tecnologías verdes en la industria alimentaria; asimismo, se recomienda evaluar la concentración mínima inhibitoria y bactericida mínima del AE de hierbaluisa en matrices alimentarias a base de productos cárnicos.

A los docentes de la Escuela Profesional de Ingeniería de Industrias Alimentarias y profesionales afines, ejecutar investigaciones multidisciplinarias relacionadas con la identificación y cuantificación de la composición química de AE, evaluación fisicoquímica y microbiológica y sus posibles usos en la industria de alimentos.

A investigadores, promover investigaciones afines a la línea de investigación realizada que logre incorporar compuestos de tendencia natural en la producción y/o conservación de alimentos de productos nativos de la región.

A los empresarios de la industria cárnica, desarrollar productos con incorporación de aditivos naturales como los AE debido a su acción antibacteriana y de conservación.

VI. REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

- Aboukhalid, K., Al Faiz, C., Douaik, A., Bakha, M., Kursa, K., Agacka-Mołdoch, M., Machon, N., Tomi, F., & Lamiri, A. (2017). Influence of Environmental Factors on Essential Oil Variability in *Origanum compactum* BENTH. Growing Wild in Morocco. *Chemistry & Biodiversity*, *14*(9), e1700158. <https://doi.org/10.1002/cbdv.201700158>
- Adams, R. P. (2017). Identification of essential oil components by gas chromatography/mass spectrometry. 5 online ed. *Gruver, TX USA: Texensis Publishing*.
<http://www.juniperus.org/uploads/2/2/6/3/22639912/bk4frontisbnpreface-contents5thedonline2017.pdf>
- Agarwal, S., & Fulgoni III, V. L. (2024a). Beef Consumption Is Associated with Higher Intakes and Adequacy of Key Nutrients in Older Adults Age 60+ Years: National Health and Nutrition Examination Survey 2011–2018 Analysis. *Nutrients*, *16*(11), 1779.
- Agarwal, S., & Fulgoni III, V. L. (2024b). Contribution of Beef to Key Nutrient Intakes and Nutrient Adequacy in Pregnant and Lactating Women: NHANES 2011–2018 Analysis. *Nutrients*, *16*(7), 981.
- Aimila, A., Xiao, X., Xin, X., Sodik, N., Shen, J., & Maiwulanjiang, M. (2024). Comparative study on different extraction methods of oil extract from *Mentha asiatica* Boriss. And optimization of the extraction process by response surface methodology. *Flavour and Fragrance Journal*, *39*(1), 33-44. Scopus. <https://doi.org/10.1002/ffj.3766>

- Akdağ, A., & Öztürk, E. (2019). Distillation methods of essential oils. *Selçuk Üniversitesi Fen Fakültesi Fen Dergisi*, 45(1), 22-31.
- Alvarado, M. E. (2020). *Comparación del efecto microbiano del aceite esencial de albahaca (Ocimum basilicum) frente al uso de nitritos en la elaboración de un embutido.*
<https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/ALVARADO%20TOALA%20MARITZA%20ELIZABETH.pdf>
- Araujo, A. (2018). Presencia de salmonella spp en expendios de carne de pollo de la ciudad de Valledupar. *Documentos de Trabajo ECAPMA*, 2(1), Article 1.
<https://doi.org/10.22490/ECAPMA.2777>
- Argote, F. E., Suarez, Z. J., Tobar, M. E., Pérez, J. A., Hurtado, A. M., & Delgado, J. (2017). Evaluación de la capacidad inhibitoria de aceites esenciales en *Staphylococcus aureus* y *Escherichia coli*. *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 15(2), Article 2.
[https://doi.org/10.18684/bsaa\(15\).593](https://doi.org/10.18684/bsaa(15).593)
- Ashaq, B., Rasool, K., Habib, S., Bashir, I., Nisar, N., Mustafa, S., Ayaz, Q., Nayik, G. A., Uddin, J., Ramniwas, S., Mugabi, R., & Wani, S. M. (2024). Insights into chemistry, extraction and industrial application of lemon grass essential oil -A review of recent advances. *Food Chemistry: X*, 22. Scopus.
<https://doi.org/10.1016/j.fochx.2024.101521>
- Avila, A. (2018). *Evaluación de las características fisicoquímicas, sensoriales y microbiológicas de dos músculos de res (Subscapularis e Infraspínatus) con y sin técnica de masajeo.*
<https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/2df4d67b-4420-4f2b-a86d-4b7e7ee69965/content>

- Avoseh, O., Oyedeji, O., Rungqu, P., Nkeh-Chungag, B., & Oyedeji, A. (2015). Cymbopogon species; ethnopharmacology, phytochemistry and the pharmacological importance. *Molecules*, *20*(5), 7438-7453.
- Azabache, N., Villanueva, E., & Barrientos, G. (2001). *Manual de análisis microbiológico de alimentos*. Digesa. https://bvs.minsa.gob.pe/local/DIGESA/61_MAN.ANA.MICROB.pdf
- Bassolé, I. H. N., Lamien-Meda, A., Bayala, B., Obame, L. C., Ilboudo, A. J., Franz, C., Novak, J., Nebié, R. C., & Dicko, M. H. (2011). Chemical composition and antimicrobial activity of *Cymbopogon citratus* and *Cymbopogon giganteus* essential oils alone and in combination. *Phytomedicine*, *18*(12), 1070-1074.
- Bilen, M. V., Uzun, P., Yıldız, H., & Findik, B. T. (2024). Evaluation of the effect of active essential oil components added to pickled-based marinade on beef stored under vacuum packaging: Insight into physicochemical and microbiological quality. *International Journal of Food Microbiology*, *418*. Scopus. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2024.110733>
- Bioagar, producto: Plate Count Agar (PCA)*. (2022). https://www.bioser.com/wp-content/uploads/2022/05/032016030_ES-3-PCA.pdf
- Bioagar, producto: XLD Agar (EP)*. (2021). https://www.bioser.com/wp-content/uploads/2022/05/FT_XLD-Agar-EP-032231020.pdf
- Buitron, R. O., & Quispe, D. I. (2016). *Conservación de la carne de cuy (Cavia porcellus) línea Perú en ambiente modificado con aceite esencial natural de romero (Rosmarinus officinalis), y orégano (Origanum vulgare)* [Nacional del Centro del Perú]. <https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/1582/Buitron%20Vilcapoma%20-%20TESIS%20%283%29.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- Bunse, M., Daniels, R., Gründemann, C., Heilmann, J., Kammerer, D. R., Keusgen, M., Lindequist, U., Melzig, M. F., Morlock, G. E., & Schulz, H. (2022). Essential oils as multicomponent mixtures and their potential for human health and well-being. *Frontiers in Pharmacology*, *13*, 956541.
- Cabezas, C. (2021). *Efecto del aceite esencial de canela (cinnamomum zeylanicum) sobre las características fisicoquímicas y microbiológicas de la carne molida de res (doctoral dissertation, universidad agraria del ecuador)*. Universidad Agraria del Ecuador.
<https://cia.uagraría.edu.ec/Archivos/CABEZAS%20PINZON%20CARLOS%20EDUARDO.pdf>
- Carhuavilca, D., Sánchez, A., & Gutiérrez, C. (2022). *Perú: Proyecciones de población total según departamento, provincia y distrito, 2018-2022*.
<https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/3624028/Per%C3%BA%3A%20Proyecciones%20de%20Poblaci%C3%B3n%20Total%20seg%C3%BA%20De%20departamento%2C%20Provincia%20y%20Distrito%2C%202018-2022.pdf?v=1663081335>
- Carranza, A. L. R. (2018). *Control de calidad de la carne de bovino expendida en los mercados La Victoria y Nazaret del distrito La Esperanza—2016*. [Privada Antenor Orrego].
https://repositorio.upao.edu.pe/bitstream/20.500.12759/4110/1/REP_MED.VET_E_ANA.CARRANZA_CONTROL.CALIDAD.CARNE.BOVINO.EXPENDIDA.MERCADOS.LA.VICTORIA.NAZARET.DISTRITO.LA.ESPERANZA.2016.pdf
- Da Silva, T. L. M., da Rosa, G. I., dos Santos, M. A. L., Graf, S. L., de Noronha Sales Maia, B. H. L., Beltrame, F. L., & Ferrari, P. C. (2023). Lemongrass Essential Oil

- (*Cymbopogon citratus* (DC) Stapf.) Seasonal Evaluation and Microencapsulation by Spray-Drying. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 66(spe). Scopus. <https://doi.org/10.1590/1678-4324-ssbfar-2023230016>
- Degnon, G. R., Adjou, E. S., Metome, G., & Dahouenon-Ahoussi, E. (2016). Efficacité des huiles essentielles de *Cymbopogon citratus* et de *Mentha piperita* dans la stabilisation du lait frais de vache au Sud du Bénin. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 10(4), 1894-1902.
- Del Pozo, X. (2006). Determinación, Caraterización y Valorización del aceite esencial de Hierba Luisa. *Quito: ESPE*.
- Diallo, A., Deschasaux, M., Latino-Martel, P., Hercberg, S., Galan, P., Fassier, P., Allès, B., Guéraud, F., Pierre, F. H., & Touvier, M. (2018). Red and processed meat intake and cancer risk: Results from the prospective NutriNet-Santé cohort study. *International Journal of Cancer*, 142(2), 230-237. Scopus. <https://doi.org/10.1002/ijc.31046>
- Dissanayake, K., Rifky, M., Hunupolagama, D., Harris, J. M., Zokirov, K., Azizova, K., Ermat, S., & Samadiy, M. (2024). *Inorganic additives in meat production and processing*. 510. Scopus. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202451001028>
- Dobersek, U., Bender, M., Etienne, A., Fernandez Gil, G. E., & Hostetter, C. (2024). Meat consumption & positive mental health: A scoping review. *Preventive Medicine Reports*, 37. Scopus. <https://doi.org/10.1016/j.pmedr.2023.102556>
- Ekpenyong, C. E., & Akpan, E. E. (2017). Use of *Cymbopogon citratus* essential oil in food preservation: Recent advances and future perspectives. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 57(12), 2541-2559. <https://doi.org/10.1080/10408398.2015.1016140>

- Elgadir, M. A., Mariod, A. A., & Aladhadh, M. A. (2023). Antioxidant and Antimicrobial Activities of Some Essential Oils Incorporated in Selected Meat and Meat Products during Refrigerated Storage: A review. *Egyptian Journal of Chemistry*, 66(7), 517-526. Scopus. <https://doi.org/10.21608/EJCHEM.2022.140553.6152>
- Enríquez-Estrella, M. A., Poveda-Díaz, S. E., & Alvarado-Huatatoca, G. I. (2023). Bioactivos de la hierba luisa utilizados en la industria. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 14(1), 1-11. <https://doi.org/10.29312/remexca.v14i1.3249>
- Flores, M., Mora, L., Reig, M., & Toldrá, F. (2019). Risk assessment of chemical substances of safety concern generated in processed meats. *Food Science and Human Wellness*, 8(3), 244-251. Scopus. <https://doi.org/10.1016/j.fshw.2019.07.003>
- Franco, Y. L. (2015). *Evaluación del proceso de extracción de aceites esenciales de hojas de Citrus aurantifolia (limón sutil) Citrus sinensis (naranja) y Citrus nobilis (mandarina) mediante hidrodestilación.* <https://repositorio.uteq.edu.ec/server/api/core/bitstreams/ba147ffe-ba8a-4157-ab17-ea0ffb0e9623/content>
- Fulgoni, K., & Fulgoni, V. L., III. (2023). Beef Intake Is Associated with Higher Nutrient Intake and Nutrient Adequacy in U.S. Adolescents, NHANES 2001–2018. *Nutrients*, 15(23). Scopus. <https://doi.org/10.3390/nu15234996>
- Ganjewala, D. (2009). Cymbopogon essential oils: Chemical compositions and bioactivities. *International journal of essential oil therapeutics*, 3(2-3), 56-65.
- Gaviria, E. M., & Montes, L. H. (2017). *Aplicación de la metodología de evaluación de riesgos en un estudio de caso relacionado con la presencia de nitritos y nitratos en carne.*

http://repository.unilasallista.edu.co/dspace/bitstream/10567/2264/1/Presencia_nitritos_nitratos_carne.pdf

- Gbenou, J. D., Ahounou, J. F., Akakpo, H. B., Laleye, A., Yayi, E., Gbaguidi, F., Babamoussa, L., Darboux, R., Dansou, P., Moudachirou, M., & Kotchoni, S. O. (2013). Phytochemical composition of *Cymbopogon citratus* and *Eucalyptus citriodora* essential oils and their anti-inflammatory and analgesic properties on Wistar rats. *Molecular Biology Reports*, *40*(2), 1127-1134. <https://doi.org/10.1007/s11033-012-2155-1>
- Giler, I. E., & Perez, T. K. (2020). *Evaluación de la capacidad antimicrobiana y antioxidante de la mezcla de aceites esenciales, hierba buena (Mentha Spicata) y hierba luisa (Cymbopogon Citratus), frente a Salmonella Typhimurium, Listeria Monocytogenes y Escherichia Coli.* <https://repositorio.ug.edu.ec/server/api/core/bitstreams/6c47d6d3-e5b5-4e17-9c11-d5869407a366/content>
- González, M. I., Mesa, C. A., & Quintero, O. A. (2014). Estimación de la vida útil de almacenamiento de carne de res y de cerdo con diferente contenido graso. *Vitae*, *21*(3), 201-210.
- G.r., S., & Tripathy, V. (2016). Seasonal variation in the essential oils extracted from leaves and inflorescence of different *Ocimum* species grown in Western plains of India. *Industrial Crops and Products*, *94*, 52-64. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2016.07.041>
- Hamuda, H. S., Mahmoud, M. H. M., EL-Desouky, A. I., & Sharoba, A. M. (2024). Antimicrobial Activity of Some Essential Oils as Natural Preservatives in Minced Meat. *Egyptian Journal of Chemistry*, *67*(8), 317-330. Scopus. <https://doi.org/10.21608/EJCHEM.2024.256273.9006>

- Herbas, L. (2011). *Ficha Técnica Aceite de Giraso*. Scribd.
<https://es.scribd.com/document/450487093/0175m-ficha-Tecnica-Aceite-de-Girasol-Rev-00-1>
- Hilvay, L. (2015). *Efecto de los aceites esenciales de limón (Citrus limon), albahaca (Ocimum basilicum L.) y orégano (Origanum vulgare), en la conservación de la carne de cuy (Cavia porcellus)*.
<https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/11978/1/AL%20570.pdf>
- Huertas, J. (2021). *Consumo de carne de bovino a nivel mundial* [Autónoma del Estado de México].
<http://ri.uaemex.mx/bitstream/handle/20.500.11799/112684/JESUS%20HUERTAS%20ORIHUELA%20TESINA.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Ivane, N. M. A., Haruna, S. A., Wang, W., Ma, Q., Wang, J., Liu, Y., & Sun, J. (2024). Characterization, antioxidant activity and potential application fractionalized Szechuan pepper on fresh beef meat as natural preservative. *Meat Science*, 208. Scopus. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2023.109383>
- Julio, M., y Rodríguez, E. (2011). *Evaluación de la actividad antioxidante del aceite esencial extraído de la Candia (Hibiscus esculentus) aplicada a la conservación de hamburguesa de res*.
https://repositorio.unicartagena.edu.co/bitstream/handle/11227/362/tesis_final_carita%5B1%5D.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Kanko, C., Sawaliho, B. E.-H., Kone, S., Koukoua, G., & N'Guessan, Y. T. (2004). Étude des propriétés physico-chimiques des huiles essentielles de Lippia multiflora, Cymbopogon citratus, Cymbopogon nardus, Cymbopogon giganteus. *Comptes rendus. Chimie*, 7(10-11), 1039-1042.

- Karimnejad, M., & Ghavam, M. (2024). Comparison of quantity, quality and antibacterial activity of essential oil *Mentha longifolia* (L.) L. under different traditional and modern extraction methods. *PLoS ONE*, *19*(7 July). Scopus. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0301558>
- Katekar, V. P., Rao, A. B., & Sardeshpande, V. R. (2023). A hydrodistillation-based essential oils extraction: A quest for the most effective and cleaner technology. *Sustainable Chemistry and Pharmacy*, *36*. Scopus. <https://doi.org/10.1016/j.scp.2023.101270>
- Kaur, H., Bhardwaj, U., & Kaur, R. (2021). *Cymbopogon nardus* essential oil: A comprehensive review on its chemistry and bioactivity. *Journal of Essential Oil Research*, *33*(3), 205-220. <https://doi.org/10.1080/10412905.2021.1871976>
- Klurfeld, D. M. (2024). The whole food beef matrix is more than the sum of its parts. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, *64*(14), 4523-4531. Scopus. <https://doi.org/10.1080/10408398.2022.2142931>
- Konfo, T. R. C., Djouhou, F. M. C., Koudoro, Y. A., Dahouenon-Ahoussi, E., Avlessi, F., Sohounhloue, C. K. D., & Simal-Gandara, J. (2023). Essential oils as natural antioxidants for the control of food preservation. *Food Chemistry Advances*, *2*. Scopus. <https://doi.org/10.1016/j.focha.2023.100312>
- Li, X., Wang, H., Guo, C., & Wang, L. (2024). Profiling of microbial populations present in ground beef and plant-based meat analogues. *LWT*, *196*. Scopus. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2024.115845>
- Li, Y., Kong, D., Fu, Y., Sussman, M. R., & Wu, H. (2020). The effect of developmental and environmental factors on secondary metabolites in medicinal plants. *Plant physiology and biochemistry*, *148*, 80-89.

- Liao, Z., Huang, Q., Cheng, Q., Khan, S., & Yu, X. (2021). Seasonal Variation in Chemical Compositions of Essential Oils Extracted from Lavandin Flowers in the Yun-Gui Plateau of China. *Molecules*, 26(18), Article 18. <https://doi.org/10.3390/molecules26185639>
- Londoño, M., & Gómez, Briana. D. (2021). Nitratos y nitritos, la doble cara de la moneda. *Revista de Nutrición Clínica y Metabolismo*, 4(1), 110-119. <https://doi.org/10.35454/rncm.v4n1.202>
- Majewska, E., Kozłowska, M., Gruszczynska-Sekowska, E., Kowalska, D., & Tarnowska, K. (2019). Lemongrass (*Cymbopogon citratus*) essential oil: Extraction, composition, bioactivity and uses for food preservation-a review. *Polish Journal of Food and Nutrition Sciences*, 69(4). <https://yadda.icm.edu.pl/yadda/element/bwmeta1.element.agro-51f64fb0-5c3a-4585-9735-993b6e946eca>
- Marquina, C. (2018). Aspectos de la calidad de carne pH, color y textura entre bovinos procedentes de centros de engorde y viajeros. *Anales Científicos*, 80(2), 613. <https://doi.org/10.21704/ac.v80i2.1513>
- Moncayo, L. S. (2022). *Caracterización fitoquímica y actividad antimicrobiana del aceite esencial de la planta Chuquiragua (Chuquiraga jussieui J.F. GME)* [Estatal de Milagro]. <https://repositorio.unemi.edu.ec/bitstream/123456789/5997/1/MONCAYO%20MOLINA%20LUIS%20SALVADOR.pdf>
- Mwithiga, G., Maina, S., Muturi, P., & Gitari, J. (2022). Lemongrass (*Cymbopogon flexuosus*) agronomic traits, oil yield and oil quality under different agro-ecological zones. *Journal of Agriculture and Food Research*, 10, 100422.

- Nebie, B., Dabire, C. M., Bationo, R. K., Sosso, S., Nebie, R. C. H., Pale, E., & Duez, P. (2023). Chemical composition and antioxidant potential of the essential oil obtained by co-distillation of *Mentha piperita* L. and *Cymbopogon citratus* (DC.) Stapf from Burkina Faso. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 17(2), 689-700. Scopus. <https://doi.org/10.4314/ijbcs.v17i2.32>
- Ngang, J. J. E., Kouebou, C. P., Dzudie, T., & Etoa, F. X. (2006). *Effect of fat and essential oil on the microbial quality of beef patties*. <https://www.cabidigitallibrary.org/doi/full/10.5555/20063187774>
- Obregon, E. W. (2018). *Análisis comparativo de la hidrodestilación con el arrastre de vapor para la extracción de aceites esenciales de la cáscara de naranja*. [https://repositorio.unjfsc.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14067/2088/OBREGO N%20MARIANO%20EDWAR%20WILMAR.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.unjfsc.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14067/2088/OBREGO%20MARIANO%20EDWAR%20WILMAR.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Oliveira, T. L. C. de, Cardoso, M. das G., Soares, R. de A., Ramos, E. M., Piccoli, R. H., & Tebaldi, V. M. R. (2013). Inhibitory activity of *Syzygium aromaticum* and *Cymbopogon citratus* (DC.) Stapf. Essential oils against *Listeria monocytogenes* inoculated in bovine ground meat. *Brazilian Journal of Microbiology*, 44, 357-365. <https://doi.org/10.1590/S1517-83822013005000040>
- Omar, E., Pavlović, I., Drobac, M., Radenković, M., Branković, S., & Kovačević, N. (2016). Chemical composition and spasmolytic activity of *Cymbopogon nervatus* (Hochst.) Chiov.(Poaceae) essential oil. *Industrial Crops and Products*, 91, 249-254.
- Ortiz, Y. (2018). *Efecto de la concentración de aceite esencial de ajo (Allium sativum) sobre las características físicoquímicas y microbiológicas de carcasas de cuy (Cavia porcellus) frescas empacadas al vacío*. <https://core.ac.uk/download/pdf/326629065.pdf>

- Pinheiro, C. G., Machado, C. M., Amaral, L. P., Silva, D. T., Almeida, C. A. A., Longhi, S. J., Mallmann, C. A., & Heinzmann, B. M. (2016). Seasonal variability of the essential oil of *Hesperozygis ringens* (Benth.) Epling. *Brazilian Journal of Biology*, 76, 176-184.
- Prado, J. A., y Viteri, L. D. (2017). *Efecto de la sustitución del nitrito de sodio con aceite de romero en la calidad final de una jamonada* [Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix Lopez]. <https://repositorio.espam.edu.ec/bitstream/42000/657/1/TAI132.pdf>
- Prochnow, D., Dos Santos, R. S., Barros, L. M., Schmidt, D., Heinzmann, B. M., da Luz, V. K., Costa de Oliveira, A., Pegoraro, C., & da Maia, L. C. (2023). Chemical profile of essential oil in four *Cymbopogon* species grown in southern Brazil. *Genetics and Molecular Research*, 22(4). Scopus. <https://doi.org/10.4238/gmr19160>
- Ramos, C. (2019). *Elaboración de salchicha de pollo (Gallus domesticus L.), empleando aceite esencial de orégano (Origanum vulgare L.), como conservante natural, Pucallpa—Ucayali* [Nacional de Ucayali]. [http://repositorio.unu.edu.pe/bitstream/handle/UNU/4252/000004143T_AGROI NDUSTRIAS.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.unu.edu.pe/bitstream/handle/UNU/4252/000004143T_AGROI%20INDUSTRIAS.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Reynoso, H. (2022). *Efecto del aceite esencial de orégano en la vida de anaquel de carne de bovino*. <http://eprints.uanl.mx/23653/1/1080286767.pdf>
- Rodrigues, B. M., Alvarenga, R. C., Duarte Lanna, D. P., de Liguori Oliveira, A., Ceribeli, C., Barbosa Correia, B. S., Colnago, L. A., Cardoso, D. R., de Souza, F. A., & Lopes, L. S. (2023). Aged-beef quality and fatty acid profile of subcutaneous fat from Nellore and Nellore × Angus crossbred young bulls

- finished in the feedlot with a high-lipid diet. *Animal Production Science*, 64(1).
Scopus. <https://doi.org/10.1071/AN23165>
- Ruales, M. F. (2021). *Estudio sobre el uso de aceites esenciales para la conservación de productos lácteos y cárnicos*. [Central del Ecuador].
<https://www.dspace.uce.edu.ec/server/api/core/bitstreams/84cb5d7c-da23-4f42-bd36-b6eb74cd069c/content>
- Siewe, F. B., Mbougung, P. D., Tatsadjieu, L. N., Noumo, T. N., & Mbofung, C. M. F. (2015). The Potential Application of *Syzygium aromaticum* and *Cymbopogon citratus* Essential Oils as Natural Preservatives of Beef Patties. *Food and Nutrition Sciences*, 6(3), Article 3. <https://doi.org/10.4236/fns.2015.63038>
- Somolinos, M., García, D., Condón, S., Mackey, B., & Pagán, R. (2010). Inactivation of *Escherichia coli* by citral. *Journal of Applied Microbiology*, 108(6), 1928-1939.
<https://doi.org/10.1111/j.1365-2672.2009.04597.x>
- Tibenda, J. J., Yi, Q., Wang, X., & Zhao, Q. (2022). Review of phytomedicine, phytochemistry, ethnopharmacology, toxicology, and pharmacological activities of *Cymbopogon* genus. *Frontiers in Pharmacology*, 13, 997918.
- Tofiño, A., Ortega, M., Herrera, B., Fragos, P., & Pedraza, B. (2017). Conservación microbiológica de embutido cárnico artesanal con aceites esenciales *Eugenia caryophyllata* Y *Thymus vulgaris*. *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 15(SPE2), 30-41.
[https://doi.org/10.18684/bsaa\(v15\)edicionespecial2.576](https://doi.org/10.18684/bsaa(v15)edicionespecial2.576)
- Valenzuela, C., & Pérez, P. (2016). Actualización en el uso de antioxidantes naturales derivados de frutas y verduras para prolongar la vida útil de la carne y productos cárneos. *Revista chilena de nutrición*, 43(2), 188-195.
<https://doi.org/10.4067/S0717-75182016000200012>

- Valková, V., Ďúranová, H., Galovičová, L., Borotová, P., Vukovic, N. L., Vukic, M., & Kačániová, M. (2022). Cymbopogon citratus Essential Oil: Its Application as an Antimicrobial Agent in Food Preservation. *Agronomy*, 12(1), Article 1. <https://doi.org/10.3390/agronomy12010155>
- Vargas, M. (2019). *Evaluación microbiológica de aceite esencial canela y clavo de olor en la conservación de carne molida de res tipo hamburguesa* [Técnica de Machala]. http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/14107/1/T-2898_VARGAS%20VEGA%20MARIA%20BELEN.pdf
- Ventanas, S., Martin, D., Estévez, M., & Ruiz Carrascal, J. (2004). Nitratos, nitritos y nitrosaminas en productos cárnicos (I). *Eurocarne*, 14, 95-114.
- Verma, R. S., Padalia, R. C., & Chauhan, A. (2013). Introduction of Cymbopogon distans (Nees ex Steud.) Wats to the sub-tropical India: Evaluation of essential-oil yield and chemical composition during annual growth. *Industrial Crops and Products*, 49, 858-863.
- Villaverde, I. C. (2018). *Optimización de la extracción de aceites esenciales por destilación en corriente de vapor*. 24.
- Waghulde, S., Parmar, P., Mule, J., Pashte, D., Patil, B., Modhale, N., Gorde, N., Kharche, A., & Kale, M. (2020). Lead finding from plant Cymbopogon citratus with Immunomodulator Potentials through in silico methods. *Chemistry Proceedings*, 3(1). <https://www.mdpi.com/2673-4583/3/1/77>
- Wongphan, P., Promhuad, K., Srisa, A., Laorenza, Y., Oushapjalaunchai, C., & Harnkarnsujarit, N. (2024). Unveiling the Future of Meat Packaging: Functional Biodegradable Packaging Preserving Meat Quality and Safety. *Polymers*, 16(9). Scopus. <https://doi.org/10.3390/polym16091232>

- Xie, Y., Geng, Y., Yao, J., Ji, J., Chen, F., Xiao, J., Hu, X., & Ma, L. (2023). N-nitrosamines in processed meats: Exposure, formation and mitigation strategies. *Journal of Agriculture and Food Research*, 13. Scopus. <https://doi.org/10.1016/j.jafr.2023.100645>
- Yalta, M. (2019). *Efecto de aceites esenciales de huacatay (Tages minuta L.) y mariasacha (Tagetes elliptica Sm.) como conservante en la carne de cerdo* [Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas]. <https://repositorio.untrm.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14077/1919/Yalta%20Chappa%20Merbelita.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Zhang, X., Zhu, H., Wang, J., Li, F., Wang, J., Ma, X., Li, J., Huang, Y., Liu, Z., & Zhang, L. (2022). Anti-microbial activity of citronella (*Cymbopogon citratus*) essential oil separation by ultrasound assisted ohmic heating hydrodistillation. *Industrial Crops and Products*, 176, 114299.
- Zhang, Z., Mo, Z., Zhang, X., Wang, J., Li, J., Shi, H., Wang, P., & Lin, Z. (2022). The Antifungal Activity and Action Mechanism of Lemongrass (*Cymbopogon flexuosus*) Essential Oil Against *Fusarium avenaceum*. *Journal of Essential Oil Bearing Plants*, 25(3), 536-547. <https://doi.org/10.1080/0972060X.2022.2090283>

DEDICATORIA

A Dios por ser mi guía, mi fortaleza y su gran amor que ha estado conmigo presente hasta el día de hoy. A mis padres José Alfaro Santamaría y Rossana Montero Luna, por apoyarme en mi educación y crecimiento profesional, a mi esposo por su amor incondicional y a mis hermanos por la motivación que me brindaron día a día durante mi carrera, fueron un pilar fundamental de soporte y fortaleza, sin su apoyo no lo hubiera logrado.

Daniela del Pilar Alfaro Montero

Este trabajo de investigación va dedicado en primer lugar a Dios, por guiarme en toda esta trayectoria, el cual ha sido mi soporte hasta el día de hoy.

A mis padres, José Ojeda Mesa y Melvi Gaona Herrera por su apoyo incondicional en mi formación profesional, a mis hermanos por creer en mí y por estar presentes para brindarme todo su apoyo moral y psicológico, dándome el ejemplo de superación, sacrificio y apoyo que desde un principio me brindaron para poder llegar a esta instancia de mis estudios, ya que sin ellos no hubiese sido posible culminar mi carrera profesional de manera satisfactoria.

Telemia Saraí Ojeda Gaona

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Nacional de Jaén por haber permitido formar parte de su comunidad universitaria, así como también a los docentes que nos proporcionaron sus conocimientos y apoyo, que el día de hoy se refleja en la culminación de nuestro paso por la universidad.

A los asesores de tesis Dr. Frank Fernández Rosillo y el Dr. Lenin Quiñones Huatangari por habernos guiado, brindando sus aportes y sus conocimientos para desarrollar de manera satisfactoria este proyecto, para finalizar agradecemos a la Dra. Cinthya Yanina Santa Cruz López por habernos brindado sus aportes en el desarrollo del Análisis microbiológico, asimismo a la Ing. Juana Ruthmely Delgado Burga, por haber contribuido en el desarrollo del Análisis Fisicoquímico, por último a la Dra. Elsa Berta Aguirre Vargas por brindarnos sus aportes en el desarrollo de la caracterización del AE mediante cromatografía de gases acoplada a un detector de ionización de llama CG-FID.

ANEXOS

Anexo 1. Galería de fotos: pretratamiento y extracción de AE de hierbaluisa (*Cymbopogon citratus*)

Recolección de hierbaluisa



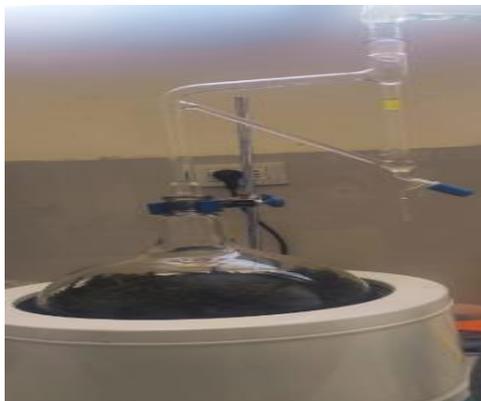
Secado de hierbaluisa



Molido de la hierbaluisa



Hidrodestilación de AE de hierbaluisa



Obtención del AE de hierbaluisa



Anexo 2. Ficha técnica del aceite vegetal de girasol

ACEITE REFINADO DE GIRASOL

DESCRIPCION

100 % Aceite de girasol refinado, winterizado y desodorizado en condiciones higiénicas controladas y procedente de distintas variedades de las semillas de buena calidad.

CARACTERISTICAS

Características organolépticas, físico-químicas:

Características	Valores
Organolépticas	
Aspecto	Claro, limpio y brillante
Sabor y olor	Suave característico, exento de sabores y olores extraños y/o rancios
Color	≤ 12 UA Y ≤ 1,2 UR
Físico-químicas	
Acidez libre	≤ 0.10 % expresado en ácido oleico
Humedad y volátiles	≤ 0.10 %
Impurezas	≤ 0.05%
Índice de peróxidos	≤ 10 meq O ₂ /kg de grasa
Prueba de frío	Limpio y transparente (0° 5 ½ horas)
Índice de refracción	1.461-1.471
Índice de Yodo (HANUS)	78-141
Benzo (a) pireno	≤ 2 ppb
Hierro	≤ 10 ppm
Cobre	≤ 0.4 ppm
Plomo y Arsénico	≤ 0.1 ppm

Composición en ácidos grasos por cromatografía gaseosa (%)

Mirístico	C 14:0	≤ 0.1
Palmítico	C 16:0	2.6-7.6
Palmitoleico	C 16:1	≤ 0.3
Estéarico	C 18:0	2.1-6.5
Oleico	C 18:1	14.0-90.7
Linoleico	C 18:2	2.1-74.0
Linolénico	C 18:3	≤ 0.3
Araquídico	C 20:0	≤ 0.5
Gadoleico	C 20:1	≤ 0.5
Behénico	C 22:0	≤ 1.6
Lignocérico	C 24:0	≤ 0.5

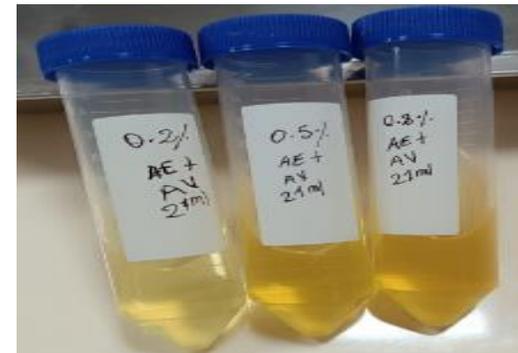
Nota: Extraído de (Herbas, 2011)

Anexo 3. Acondicionamiento de las muestras del lomo de res con AE de hierbaluisa (*Cymbopogon citratus*)

AE de hierbaluisa y aceite vegetal de girasol



Dosificación de AE de hierbaluisa



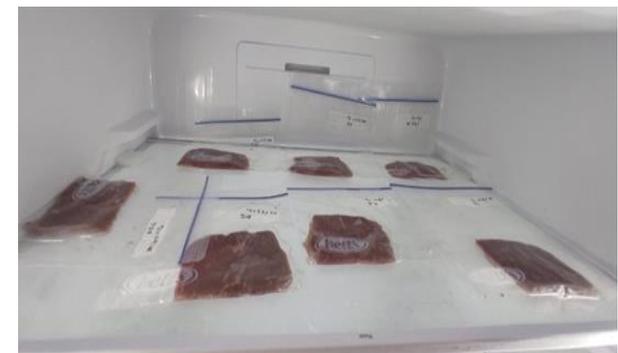
Acondicionamiento de las muestras



Maceración del lomo de res

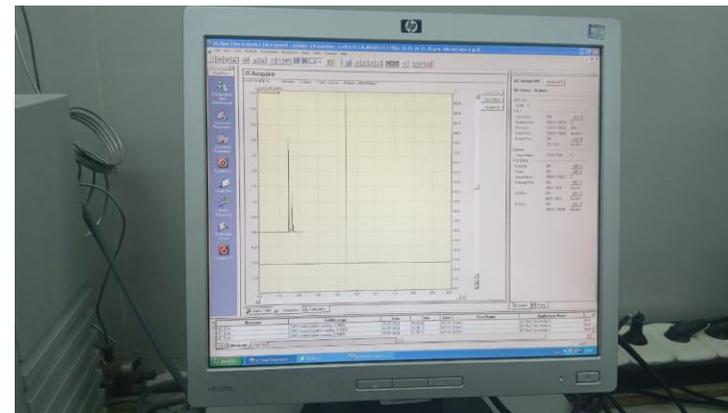


Refrigeración de las muestras (4°C)



Anexo 4. Determinación de la composición química del AE de hierbaluisa mediante cromatografía

Equipo cromatográfico

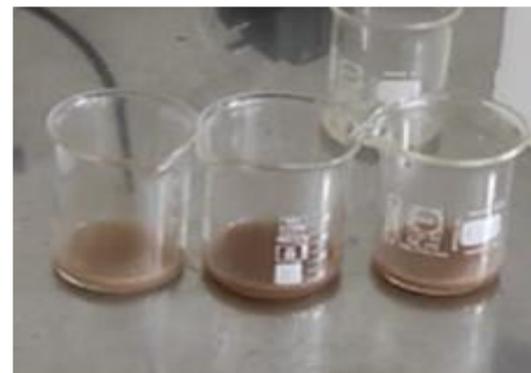


Anexo 5. Evaluación del pH del lomo de res con AE de hierbaluisa (*Cymbopogon citratus*)

Evaluación del pH, trituración de la muestra de lomo de res



Dilución de las muestras



Medición Ph



Anexo 6. Evaluación de la acidez del lomo de res con AE de hierbaluisa (*Cymbopogon citratus*)

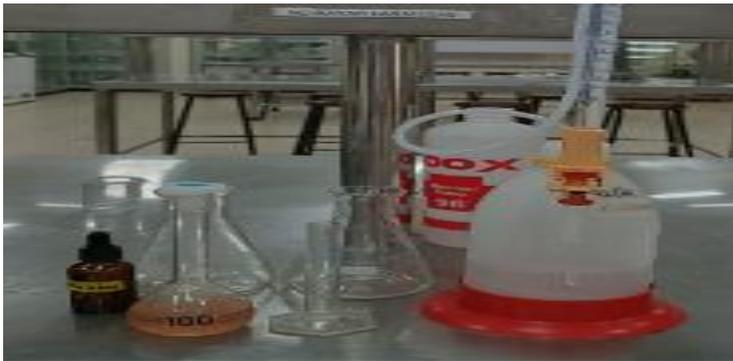
Acondicionamiento de las muestras



Trituración del lomo de res con AE de hierbaluisa



Titulación de la muestra



Resultados de las muestras después de la titulación



Anexo 7. Evaluación de la humedad del lomo de res con AE de hierbaluisa (*Cymbopogon citratus*)

Trituración del lomo de res con AE de hierbaluisa



Análisis de humedad



Anexo 8. Pruebas realizadas para la determinación de *S. aureus*

Extracción del plasma para la prueba de coagulasa



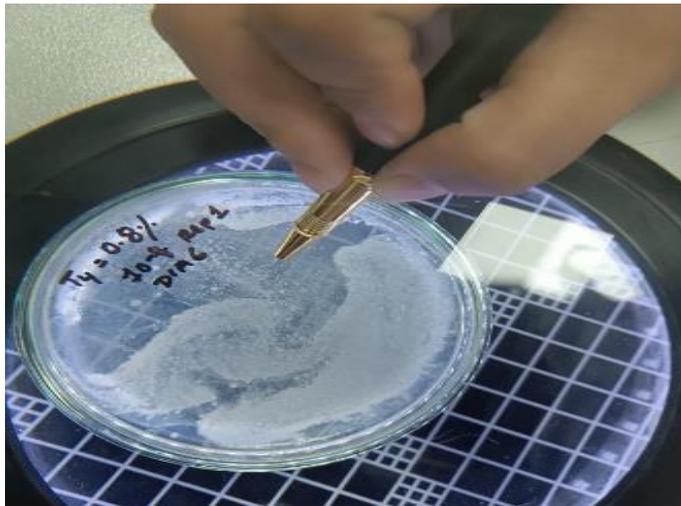
Prueba coagulasa



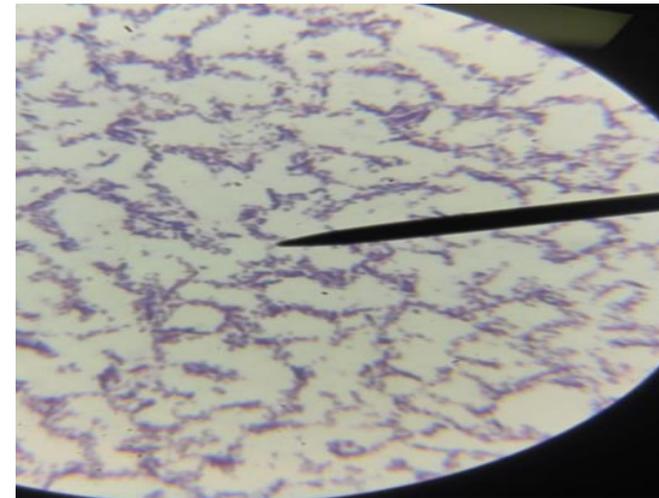
Prueba de catalasa



Conteo de colonias

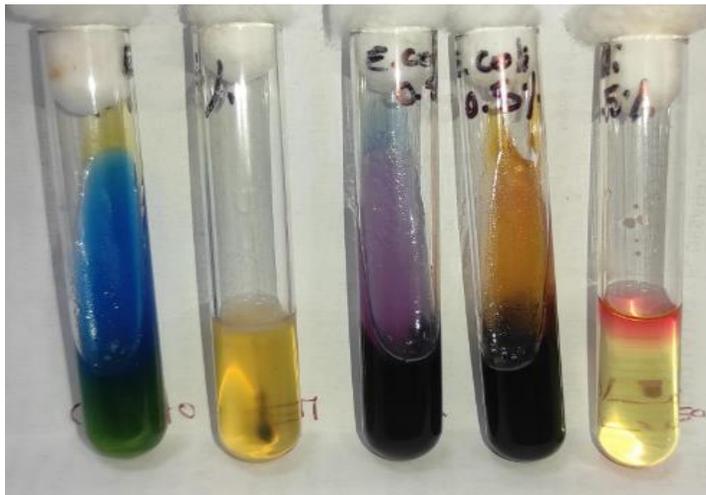


Presencia de Staphylococcus aureus

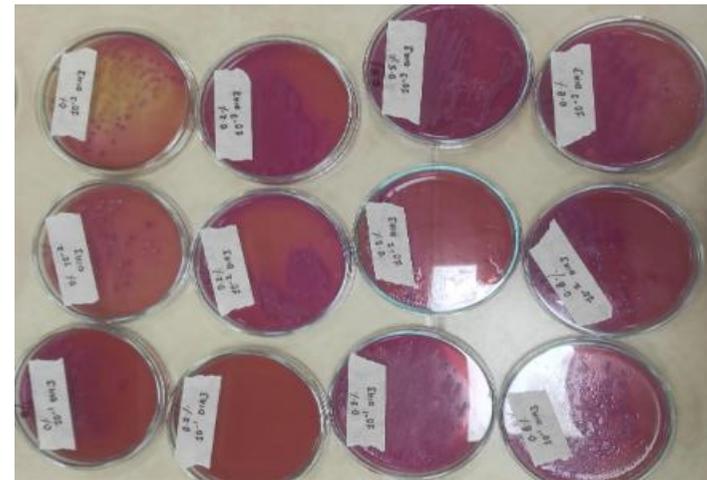


Anexo 9. Determinación de *E. coli*

Batería de tubos para la determinación de E. coli

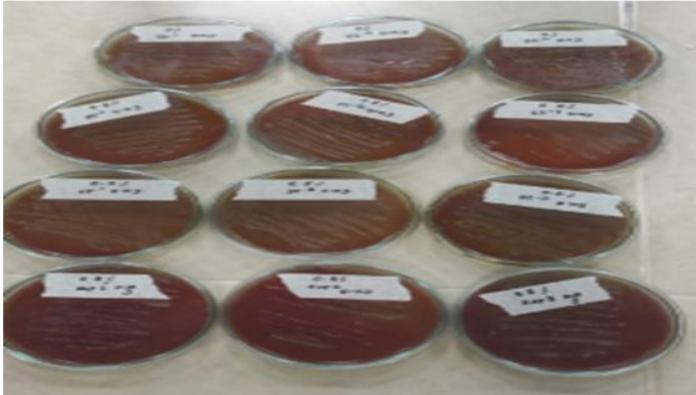


Siembra en placa para la determinación de E. coli



Anexo 10. Determinación de *Salmonella* spp.

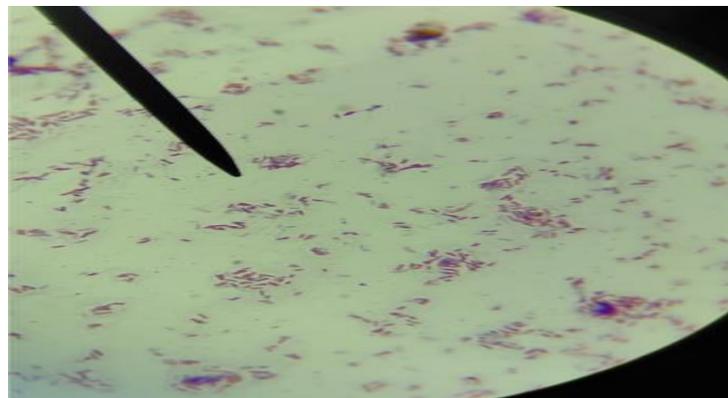
Siembra en placa



Batería de tubos para la determinación de Salmonella



Presencia de salmonella



Anexo 11. Procesamiento de datos

Recuento de UFC de *Staphylococcus aureus* en una Dilución de 10^{-3}

Días/AE	UFC/mL de <i>Staphylococcus aureus</i> a 4 °C							
	0	3	6	9	12	15	18	21
0%	82	80	76	73	75	69	77	75
0.2%	55	52	39	39	0	0	0	0
0.5%	17	34	23	17	0	0	0	0
0.8%	38	30	26	22	0	0	0	0

Anexo 12. Curvas de calibración para el análisis de la composición química del aceite esencial de hierbaluisa

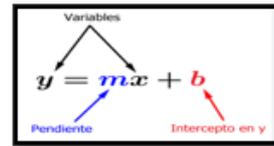
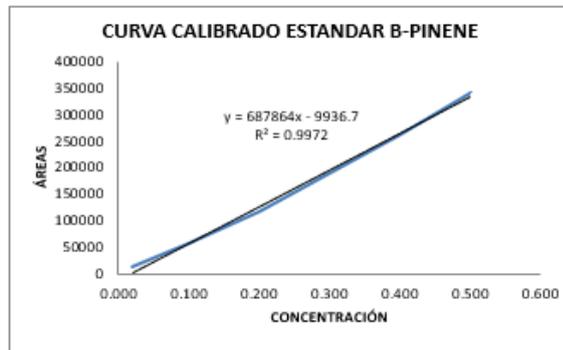
Curva calibrado estándar B-pinene

Estandar	Concentración	
(-)-B-Pinene	99	%

$$V1 = \frac{\text{Concentración 2} \cdot V2}{C1}$$

$$\text{Concentración 2} = \frac{\text{Concent. 1} \cdot V1}{V2}$$

Nº	%	V. Estandar (uL)	V.Total (uL)	Área
1	0.020	1.0	5000	11904
2	0.100	5.1	5000	57271
3	0.200	10.1	5000	117851
5	0.400	20.2	5000	262079
6	0.500	25.3	5000	340406



V. Muestra	V. Solvente (Eter de Petroleo)	V. Total	FD
100	900	1000	10

Pendiente	Intercepto	R2
687864	-9936.7	0.9972

Hallar la concentración

$$x = \frac{y - b}{m} \quad \longrightarrow \quad \text{concentración} = \frac{\text{Area} - \text{Intercepto}}{\text{Pendiente}}$$

Muestra	TR	Área	Concentración sin dilucion	FD	Concentración %	Concentración ppm
Hierbaluisa	9.894	219218.8	0.333	10	3.331	33314.071

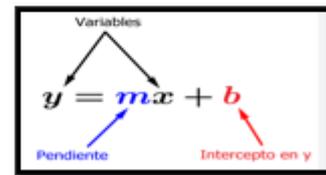
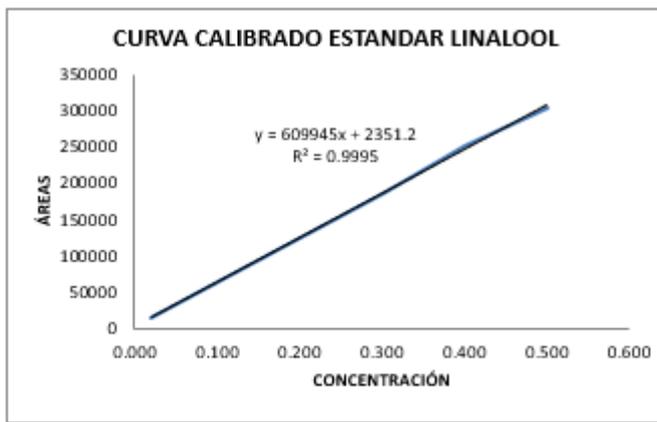
Curva calibrado estándar Linalool

Estandar	Concentracion	
Linalool	99.5	%

$$V1 = \frac{\text{Concentracion 2} \cdot V2}{C1}$$

$$\text{Concentracion 2} = \frac{\text{Concent. 1} \cdot V1}{V2}$$

Nº	%	V. Estandar (uL)	V.Total (uL)	Área
1	0.020	1.0	5000	14069
2	0.300	15.1	5000	184436
3	0.400	20.1	5000	250436
5	0.500	25.1	5000	304597



V. Muestra	V. Solvente (Éter de Petróleo)	V. Total	FD
100	900	1000	10

Pendiente	Intercepto	R2
609945	2351.2	0.9995

Hallar la concentración

$$x = \frac{y - b}{m} \quad \longrightarrow \quad \text{concentración} = \frac{\text{Área} - \text{Intercepto}}{\text{Pendiente}}$$

Muestra	TR	Área	Concentración sin dilución	FD	Concentración %	Concentración ppm
Hierbaluisa	15.27	327327.7	0.533	10	5.328	53279.640

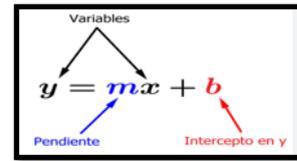
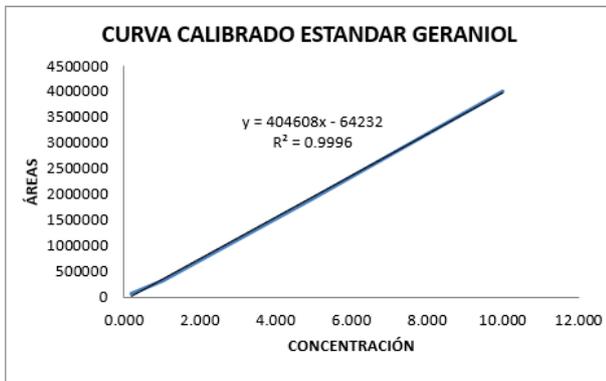
Curva calibrado estándar Geraniol

Estandar	Concentracion	
Geraniol	95	%

$$V1 = \frac{\text{Concentracion 2} * V2}{C1}$$

$$\text{Concentracion 2} = \frac{\text{Concent. 1} * V1}{V2}$$

Nº	%	V. Estandar (uL)	V.Total (uL)	Área
1	0.200	10.5	5000	62367
2	1.000	52.6	5000	307118
3	5.000	263.2	5000	1929149
5	10.000	526.3	5000	3999095



V. Muestra	V. Solvente (Eter de Petroleo)	V. Total	FD
100	900	1000	10

Pendiente	Intercepto	R2
404608	-64232	0.9996

Hallar la concentracion

$$x = \frac{y - b}{m} \Rightarrow \text{concentracion} = \frac{\text{Area} - \text{Intercepto}}{\text{Pendiente}}$$

Muestra	TR	Área	Concentración sin dilucion	FD	Concentración %	Concentración ppm
Hierbahusa	21331	1755934.7	4.49859	10	44.986	449859.296

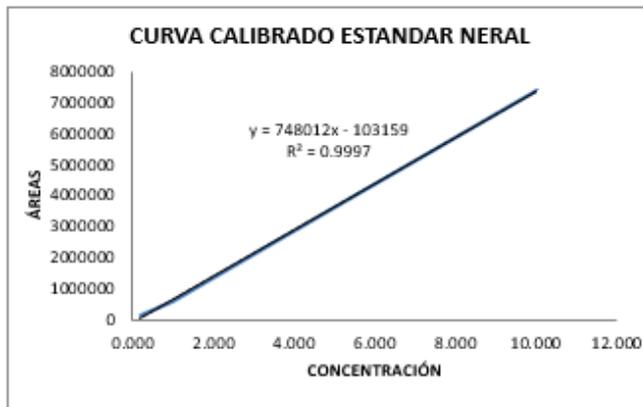
Curva calibrado estándar Neral

Estandar	Concentracion	
Neral	95	%

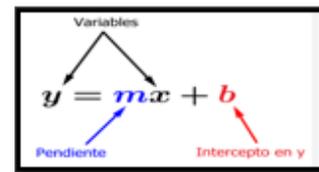
$$V1 = \frac{\text{Concentracion 2} \cdot V2}{C1}$$

$$\text{Concentración 2} = \frac{\text{Concent. 1} \cdot V1}{V2}$$

Nº	%	V. Estandar (uL)	V.Total (uL)	Área
1	0.200	10.5	5000	115705
2	1.000	52.6	5000	583443
3	5.000	263.2	5000	3611687
5	10.000	526.3	5000	7394326



3



V. Muestra	V. Solvente (Eter de Petroleo)	V. Total	FD
100	900	1000	10

Pendiente	Intercepto	R2
748012	-103159	0.9996

Hallar la concentración

$$x = \frac{y - b}{m} \Rightarrow \text{concentración} = \frac{\text{Área} - \text{Intercepto}}{\text{Pendiente}}$$

Muestra	TR	Área	Concentración sin dilución	FD	Concentración %	Concentración ppm
Hierbaluisa	22.476	2787245.1	3.864115	10	38.641	386411.461

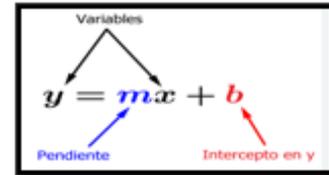
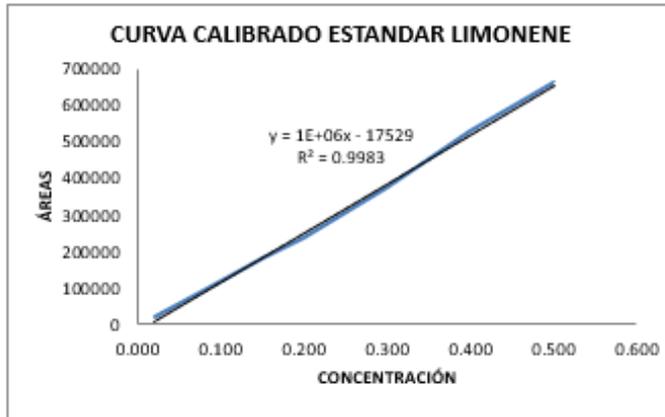
Curva calibrado estándar Limonene

Estandar	Concentracion	
Limonene	97	%

$$V1 = \frac{\text{Concentracion 2} \cdot V2}{C1}$$

$$\text{Concentracion 2} = \frac{\text{Concent. 1} \cdot V1}{V2}$$

Nº	%	V. Estandar (uL)	V.Total (uL)	Área
1	0.020	5.2	25000	21651
2	0.080	20.6	25000	92667
3	0.150	38.7	25000	180771
4	0.200	51.5	25000	239877
5	0.300	77.3	25000	375879
6	0.400	103.1	25000	530561
7	0.500	283.5	55000	663462



V. Muestra	V. Solvente (Eter de Petroleo)	V. Total	FD
100	900	1000	10

Pendiente	Intercepto	R2
1000000	-17529	0.9983

Hallar la concentracion

$$x = \frac{y - b}{m} \quad \text{concentracion} = \frac{\text{Area} - \text{Intercepto}}{\text{Pendiente}}$$

Muestra	TR	Área	Concentración sin dilucion	FD	Concentración %	Concentración ppm
Hierbahuisa	12.341	1740.6	0.019270	10	0.193	1926.960

Anexo 13. Pruebas de normalidad y homogeneidad para las observaciones del día 21 (código y resultados del software RStudio)

```
> ##### DIA 21 #####
> ## HUMEDAD ##-----
> shapiro.test(Humedad)

      Shapiro-Wilk normality test

data:  Humedad
W = 0.73665, p-value = 0.001945

> bartlett.test(Humedad ~ Tratamiento, data = data_dia)

      Bartlett test of homogeneity of variances

data:  Humedad by Tratamiento
Bartlett's K-squared = 7.2066, df = 3, p-value = 0.0656

> ## PH ##-----
> shapiro.test(pH)

      Shapiro-Wilk normality test

data:  pH
W = 0.65772, p-value = 0.0003399

> bartlett.test(pH~ Tratamiento, data = data_dia)

      Bartlett test of homogeneity of variances

data:  pH by Tratamiento
Bartlett's K-squared = 0.30392, df = 3, p-value = 0.9593

> ## ACIDEZ ##-----
> shapiro.test(Acidez)

      Shapiro-Wilk normality test

data:  Acidez
W = 0.86799, p-value = 0.06162

> bartlett.test(Acidez ~ Tratamiento, data = data_dia)

      Bartlett test of homogeneity of variances

data:  Acidez by Tratamiento
Bartlett's K-squared = 1.4165, df = 3, p-value = 0.7017
```

Anexo 14. Pruebas de normalidad y homocedasticidad para las observaciones del día 18
(código y resultados del software RStudio)

```
> ##### DIA 18 #####
> ## HUMEDAD ##-----
> shapiro.test(Humedad)

      Shapiro-Wilk normality test

data:  Humedad
W = 0.71779, p-value = 0.001257

> bartlett.test(Humedad ~ Tratamiento, data = data_dia)

      Bartlett test of homogeneity of variances

data:  Humedad by Tratamiento
Bartlett's K-squared = 7.2733, df = 3, p-value = 0.06368

> ## PH ##-----
> shapiro.test(pH)

      Shapiro-Wilk normality test

data:  pH
W = 0.96497, p-value = 0.8517

> bartlett.test(pH~ Tratamiento, data = data_dia)

      Bartlett test of homogeneity of variances

data:  pH by Tratamiento
Bartlett's K-squared = 2.9319, df = 3, p-value = 0.4022

> ## ACIDEZ ##-----
> shapiro.test(Acidez)

      Shapiro-Wilk normality test

data:  Acidez
W = 0.9391, p-value = 0.4865

> bartlett.test(Acidez ~ Tratamiento, data = data_dia)

      Bartlett test of homogeneity of variances

data:  Acidez by Tratamiento
Bartlett's K-squared = 2.107, df = 3, p-value = 0.5505
```

Anexo 15. Pruebas de normalidad y homocedasticidad para las observaciones del día 15 (código y resultados del software RStudio)

```
> ##### DIA 15 #####
> ## HUMEDAD ##-----
> shapiro.test(Humedad)

      Shapiro-Wilk normality test

data:  Humedad
W = 0.96268, p-value = 0.8213

> bartlett.test(Humedad ~ Tratamiento, data = data_dia)

      Bartlett test of homogeneity of variances

data:  Humedad by Tratamiento
Bartlett's K-squared = 2.8706, df = 3, p-value = 0.412

> ## PH ##-----
> shapiro.test(pH)

      Shapiro-Wilk normality test

data:  pH
W = 0.78556, p-value = 0.006449

> bartlett.test(pH~ Tratamiento, data = data_dia)

      Bartlett test of homogeneity of variances

data:  pH by Tratamiento
Bartlett's K-squared = 8.7993, df = 3, p-value = 0.03208

> ## ACIDEZ ##-----
> shapiro.test(Acidez)

      Shapiro-Wilk normality test

data:  Acidez
W = 0.84361, p-value = 0.03064

> bartlett.test(Acidez ~ Tratamiento, data = data_dia)

      Bartlett test of homogeneity of variances

data:  Acidez by Tratamiento
Bartlett's K-squared = 1.6653, df = 3, p-value = 0.6447
```

Anexo 16. Pruebas de normalidad y homocedasticidad para las observaciones del día 12
(código y resultados del software RStudio)

```
> ##### DIA 12 #####
> ## HUMEDAD ##-----
> shapiro.test(Humedad)

      Shapiro-Wilk normality test

data:  Humedad
W = 0.85988, p-value = 0.04872

> bartlett.test(Humedad ~ Tratamiento, data = data_dia)

      Bartlett test of homogeneity of variances

data:  Humedad by Tratamiento
Bartlett's K-squared = 6.0463, df = 3, p-value = 0.1094

> ## PH ##-----
> shapiro.test(pH)

      Shapiro-Wilk normality test

data:  pH
W = 0.83162, p-value = 0.02193

> bartlett.test(pH~ Tratamiento, data = data_dia)

      Bartlett test of homogeneity of variances

data:  pH by Tratamiento
Bartlett's K-squared = 2.7358, df = 3, p-value = 0.4342

> ## ACIDEZ ##-----
> shapiro.test(Acidez)

      Shapiro-Wilk normality test

data:  Acidez
W = 0.95453, p-value = 0.7038

> bartlett.test(Acidez ~ Tratamiento, data = data_dia)

      Bartlett test of homogeneity of variances

data:  Acidez by Tratamiento
Bartlett's K-squared = 1.4998, df = 3, p-value = 0.6823
```

Anexo 17. Pruebas de normalidad y homocedasticidad para las observaciones del día 9 (código y resultados del software RStudio)

```
> ##### DIA 09 #####
> ## HUMEDAD ##-----
> shapiro.test(Humedad)

      Shapiro-Wilk normality test

data:  Humedad
W = 0.95025, p-value = 0.6407

> bartlett.test(Humedad ~ Tratamiento, data = data_dia)

      Bartlett test of homogeneity of variances

data:  Humedad by Tratamiento
Bartlett's K-squared = 10.178, df = 3, p-value = 0.01711

> ## PH ##-----
> shapiro.test(pH)

      Shapiro-Wilk normality test

data:  pH
W = 0.897, p-value = 0.1451

> bartlett.test(pH~ Tratamiento, data = data_dia)

      Bartlett test of homogeneity of variances

data:  pH by Tratamiento
Bartlett's K-squared = 3.7366, df = 3, p-value = 0.2913

> ## ACIDEZ ##-----
> shapiro.test(Acidez)

      Shapiro-Wilk normality test

data:  Acidez
W = 0.92479, p-value = 0.3281

> bartlett.test(Acidez ~ Tratamiento, data = data_dia)

      Bartlett test of homogeneity of variances

data:  Acidez by Tratamiento
Bartlett's K-squared = 4.1843, df = 3, p-value = 0.2422
```

Anexo 18. Pruebas de normalidad y homocedasticidad para las observaciones del día 6 (código y resultados del software RStudio)

```
> ##### DIA 06 #####
> ## HUMEDAD ##-----
> shapiro.test(Humedad)

      Shapiro-Wilk normality test

data:  Humedad
W = 0.94912, p-value = 0.6241

> bartlett.test(Humedad ~ Tratamiento, data = data_dia)

      Bartlett test of homogeneity of variances

data:  Humedad by Tratamiento
Bartlett's K-squared = 1.085, df = 3, p-value = 0.7807

> ## PH ##-----
> shapiro.test(pH)

      Shapiro-Wilk normality test

data:  pH
W = 0.7532, p-value = 0.002887

> bartlett.test(pH~ Tratamiento, data = data_dia)

      Bartlett test of homogeneity of variances

data:  pH by Tratamiento
Bartlett's K-squared = 5.1627, df = 3, p-value = 0.1603

> ## ACIDEZ ##-----
> shapiro.test(Acidez)

      Shapiro-Wilk normality test

data:  Acidez
W = 0.65297, p-value = 0.000308

> bartlett.test(Acidez ~ Tratamiento, data = data_dia)

      Bartlett test of homogeneity of variances

data:  Acidez by Tratamiento
Bartlett's K-squared = 10.475, df = 3, p-value = 0.01493
```

Anexo 19. Pruebas de normalidad y homocedasticidad para las observaciones del día 3
(código y resultados del software RStudio)

```
> ##### DIA 03 #####
> ## HUMEDAD ##-----
> shapiro.test(Humedad)

      Shapiro-Wilk normality test

data:  Humedad
W = 0.89589, p-value = 0.1404

> bartlett.test(Humedad ~ Tratamiento, data = data_dia)

      Bartlett test of homogeneity of variances

data:  Humedad by Tratamiento
Bartlett's K-squared = 3.0828, df = 3, p-value = 0.379

> ## PH ##-----
> shapiro.test(pH)

      Shapiro-Wilk normality test

data:  pH
W = 0.86141, p-value = 0.05092

> bartlett.test(pH ~ Tratamiento, data = data_dia)

      Bartlett test of homogeneity of variances

data:  pH by Tratamiento
Bartlett's K-squared = 2.1902, df = 3, p-value = 0.5339

> ## ACIDEZ ##-----
> shapiro.test(Acidez)

      Shapiro-Wilk normality test

data:  Acidez
W = 0.90141, p-value = 0.1654

> bartlett.test(Acidez ~ Tratamiento, data = data_dia)

      Bartlett test of homogeneity of variances

data:  Acidez by Tratamiento
Bartlett's K-squared = 0.63466, df = 3, p-value = 0.8885
```

Anexo 20. Test de Kruskal-Wallis y Comparaciones múltiples de Nemenyi para las observaciones del día 21 (código y resultados del software RStudio)

```
> ##### DIA 21 #####
>
> ## HUMEDAD ##-----
> ##Test de Kruskal Walis
> data_dia %>% kruskal_test(Humedad ~ Tratamiento) %>% as.data.frame()
  .y.  n statistic df      p      method
1 Humedad 12  1.461538  3 0.691 Kruskal-Wallis
>
> ##Comparaciones múltiples de Nemenyi
> kwAllPairsNemenyiTest(Humedad ~ Tratamiento,data_dia)

      Pairwise comparisons using Tukey-Kramer-Nemenyi all-pairs test

data: Humedad by Tratamiento

      T1  T2  T3
T2 0.80 -   -
T3 0.74 1.00 -
T4 0.74 1.00 1.00

P value adjustment method: single-step
alternative hypothesis: two.sided
>
> ## PH ##-----
> ##Test de Kruskal Walis
> data_dia %>% kruskal_test(pH ~ Tratamiento) %>% as.data.frame()
  .y.  n statistic df      p      method
1  pH 12  7.654971  3 0.0537 Kruskal-Wallis
>
> ##Comparaciones múltiples de Nemenyi
> kwAllPairsNemenyiTest(pH ~ Tratamiento,data_dia)

      Pairwise comparisons using Tukey-Kramer-Nemenyi all-pairs test

data: pH by Tratamiento

      T1  T2  T3
T2 0.999 -   -
T3 0.771 0.704 -
T4 0.093 0.071 0.525

P value adjustment method: single-step
```

```

> ## ACIDEZ ##-----
> ##Test de Kruskal Wallis
> data_dia %>% kruskal_test(Acidez ~ Tratamiento) %>% as.data.frame()
  .y.  n statistic df      p      method
1 Acidez 12  7.635294  3 0.0542 Kruskal-Wallis
>
> ##Comparaciones múltiples de Nemenyi
> kwAllPairsNemenyiTest(Acidez ~ Tratamiento,data_dia)

      Pairwise comparisons using Tukey-Kramer-Nemenyi all-pairs test

data: Acidez by Tratamiento

      T1    T2    T3
T2 0.324 -    -
T3 0.957 0.634 -
T4 0.831 0.053 0.525

P value adjustment method: single-step

```

Anexo 21. Test de Kruskal-Wallis y Comparaciones múltiples de Nemenyi para las observaciones del día 18 (código y resultados del software RStudio)

```
> ##### DIA 18 #####
>
> ## HUMEDAD ##-----
> ##Test de Kruskal Wallis
> data_dia %>% kruskal_test(Humedad ~ Tratamiento) %>% as.data.frame()
  .y.  n statistic df      p      method
1 Humedad 12  2.076923  3 0.557 Kruskal-Wallis
>
> ##Comparaciones múltiples de Nemenyi
> kwAllPairsNemenyiTest(Humedad ~ Tratamiento,data_dia)

      Pairwise comparisons using Tukey-Kramer-Nemenyi all-pairs test

data: Humedad by Tratamiento

      T1   T2   T3
T2 0.97 -   -
T3 0.74 0.94 -
T4 0.99 0.86 0.53

P value adjustment method: single-step
alternative hypothesis: two.sided
>
> ## PH ##-----
> ##Test de Kruskal Wallis
> data_dia %>% kruskal_test(pH ~ Tratamiento) %>% as.data.frame()
  .y.  n statistic df      p      method
1  pH 12  8.948718  3 0.03 Kruskal-Wallis
>
> ##Comparaciones múltiples de Nemenyi
> kwAllPairsNemenyiTest(pH ~ Tratamiento,data_dia)

      Pairwise comparisons using Tukey-Kramer-Nemenyi all-pairs test

data: pH by Tratamiento

      T1   T2   T3
T2 0.858 -   -
T3 0.081 0.387 -
T4 0.061 0.324 0.999

P value adjustment method: single-step
```

```

> ## ACIDEZ ##-----
> ##Test de Kruskal Wallis
> data_dia %>% kruskal_test(Acidez ~ Tratamiento) %>% as.data.frame()
  .y.  n statistic df      p      method
1 Acidez 12   9.87381  3 0.0197 Kruskal-Wallis
>
> ##Comparaciones múltiples de Nemenyi
> kwAllPairsNemenyiTest(Acidez ~ Tratamiento,data_dia)

      Pairwise comparisons using Tukey-Kramer-Nemenyi all-pairs test

data: Acidez by Tratamiento

      T1   T2   T3
T2 0.268 -    -
T3 0.012 0.598 -
T4 0.598 0.942 0.268

P value adjustment method: single-step

```

Anexo 22. Test de Kruskal-Wallis y Comparaciones múltiples de Nemenyi para las observaciones del día 15 (código y resultados del software RStudio)

```

> ##### DIA 15 #####
>
> ## HUMEDAD ##-----
> ##Test de Kruskal Wallis
> data_dia %>% kruskal_test(Humedad ~ Tratamiento) %>% as.data.frame()
  .y.  n statistic df      p      method
1 Humedad 12  7.102564  3 0.0687 Kruskal-Wallis
>
> ##Comparaciones múltiples de Nemenyi
> kwAllPairsNemenyiTest(Humedad ~ Tratamiento,data_dia)

      Pairwise comparisons using Tukey-Kramer-Nemenyi all-pairs test

data: Humedad by Tratamiento

      T1    T2    T3
T2 0.996 -    -
T3 0.738 0.598 -
T4 0.137 0.081 0.670

P value adjustment method: single-step
alternative hypothesis: two.sided
>
> ## PH ##-----
> ##Test de Kruskal Wallis
> data_dia %>% kruskal_test(pH ~ Tratamiento) %>% as.data.frame()
  .y.  n statistic df      p      method
1  pH 12  9.461538  3 0.0237 Kruskal-Wallis
>
> ##Comparaciones múltiples de Nemenyi
> kwAllPairsNemenyiTest(pH ~ Tratamiento,data_dia)

      Pairwise comparisons using Tukey-Kramer-Nemenyi all-pairs test

data: pH by Tratamiento

      T1    T2    T3
T2 0.987 -    -
T3 0.525 0.324 -
T4 0.081 0.033 0.738

P value adjustment method: single-step

```

```

> ## ACIDEZ ##-----
> ##Test de Kruskal Wallis
> data_dia %>% kruskal_test(Acidez ~ Tratamiento) %>% as.data.frame()
  .y.  n statistic df      p      method
1 Acidez 12  8.091021  3 0.0442 Kruskal-Wallis
>
> ##Comparaciones múltiples de Nemenyi
> kwAllPairsNemenyiTest(Acidez ~ Tratamiento,data_dia)

      Pairwise comparisons using Tukey-Kramer-Nemenyi all-pairs test

data: Acidez by Tratamiento

      T1    T2    T3
T2 0.525 -    -
T3 0.802 0.106 -
T4 0.670 0.061 0.996

P value adjustment method: single-step

```

Anexo 23. Test de Kruskal-Wallis y Comparaciones múltiples de Nemenyi para las observaciones del día 12 (código y resultados del software RStudio)

```

> ##### DIA 12 #####
>
> ## HUMEDAD ##-----
> ##Test de Kruskal Wallis
> data_dia %>% kruskal_test(Humedad ~ Tratamiento) %>% as.data.frame()
  .y.  n statistic df      p      method
1 Humedad 12  3.410256  3 0.333 Kruskal-Wallis
>
> ##Comparaciones múltiples de Nemenyi
> kwAllPairsNemenyiTest(Humedad ~ Tratamiento,data_dia)

      Pairwise comparisons using Tukey-Kramer-Nemenyi all-pairs test

data: Humedad by Tratamiento

      T1   T2   T3
T2 0.67 -   -
T3 0.45 0.99 -
T4 0.32 0.94 1.00

P value adjustment method: single-step
alternative hypothesis: two.sided
>
> ## PH ##-----
> ##Test de Kruskal Wallis
> data_dia %>% kruskal_test(pH ~ Tratamiento) %>% as.data.frame()
  .y.  n statistic df      p      method
1  pH 12 10.38462  3 0.0156 Kruskal-Wallis
>
> ##Comparaciones múltiples de Nemenyi
> kwAllPairsNemenyiTest(pH ~ Tratamiento,data_dia)

      Pairwise comparisons using Tukey-Kramer-Nemenyi all-pairs test

data: pH by Tratamiento

      T1   T2   T3
T2 0.738 -   -
T3 0.012 0.174 -
T4 0.174 0.738 0.738

P value adjustment method: single-step

```

```

> ## ACIDEZ ##-----
> ##Test de Kruskal Wallis
> data_dia %>% kruskal_test(Acidez ~ Tratamiento) %>% as.data.frame()
  .y.  n statistic df      p      method
1 Acidez 12  6.860215  3 0.0765 Kruskal-Wallis
>
> ##Comparaciones múltiples de Nemenyi
> kwAllPairsNemenyiTest(Acidez ~ Tratamiento,data_dia)

      Pairwise comparisons using Tukey-Kramer-Nemenyi all-pairs test

data: Acidez by Tratamiento

      T1    T2    T3
T2 0.174 -      -
T3 0.598 0.858 -
T4 0.081 0.987 0.670

P value adjustment method: single-step

```

Anexo 24. Test de Kruskal-Wallis y Comparaciones múltiples de Nemenyi para las observaciones del día 9 (código y resultados del software RStudio)

```
> ##### DIA 09 #####
>
> ## HUMEDAD ##-----
> ##Test de Kruskal Wallis
> data_dia %>% kruskal_test(Humedad ~ Tratamiento) %>% as.data.frame()
  .y.  n statistic df    p      method
1 Humedad 12  4.644444  3 0.2 Kruskal-Wallis
>
> ##Comparaciones múltiples de Nemenyi
> kwAllPairsNemenyiTest(Humedad ~ Tratamiento,data_dia)

      Pairwise comparisons using Tukey-Kramer-Nemenyi all-pairs test

data: Humedad by Tratamiento

   T1  T2  T3
T2 0.80 -   -
T3 0.15 0.63 -
T4 0.92 0.99 0.45

P value adjustment method: single-step
alternative hypothesis: two.sided
Warning message:
In kwAllPairsNemenyiTest.default(c(70.01, 69.08, 67.47, 64.85, 70.41,
  Ties are present, p-values are not corrected.
>
> ## PH ##-----
> ##Test de Kruskal Wallis
> data_dia %>% kruskal_test(pH ~ Tratamiento) %>% as.data.frame()
  .y.  n statistic df    p      method
1  pH 12  9.974359  3 0.0188 Kruskal-Wallis
>
> ##Comparaciones múltiples de Nemenyi
> kwAllPairsNemenyiTest(pH ~ Tratamiento,data_dia)

      Pairwise comparisons using Tukey-Kramer-Nemenyi all-pairs test

data: pH by Tratamiento

   T1  T2  T3
T2 0.670 -   -
T3 0.218 0.858 -
T4 0.012 0.218 0.670

P value adjustment method: single-step
```

```

> ## ACIDEZ ##-----
> ##Test de Kruskal Wallis
> data_dia %>% kruskal_test(Acidez ~ Tratamiento) %>% as.data.frame()
  .y.  n statistic df      p      method
1 Acidez 12 0.7254197  3 0.867 Kruskal-Wallis
>
> ##Comparaciones múltiples de Nemenyi
> kwAllPairsNemenyiTest(Acidez ~ Tratamiento,data_dia)

      Pairwise comparisons using Tukey-Kramer-Nemenyi all-pairs test

data: Acidez by Tratamiento

      T1  T2  T3
T2 0.86 -  -
T3 1.00 0.92 -
T4 0.98 0.98 1.00

P value adjustment method: single-step

```

Anexo 25. Test de Kruskal-Wallis y Comparaciones múltiples de Nemenyi para las observaciones del día 6 (código y resultados del software RStudio)

```
> ##### DIA 06 #####
>
> ## HUMEDAD ##-----
> ##Test de Kruskal Wallis
> data_dia %>% kruskal_test(Humedad ~ Tratamiento) %>% as.data.frame()
  .y.  n statistic df      p      method
1 Humedad 12  8.641026  3 0.0345 Kruskal-Wallis
>
> ##Comparaciones múltiples de Nemenyi
> kwAllPairsNemenyiTest(Humedad ~ Tratamiento,data_dia)

      Pairwise comparisons using Tukey-Kramer-Nemenyi all-pairs test

data: Humedad by Tratamiento

      T1    T2    T3
T2 0.999 -    -
T3 0.081 0.106 -
T4 0.268 0.324 0.942

P value adjustment method: single-step
alternative hypothesis: two.sided
>
> ## PH ##-----
> ##Test de Kruskal Wallis
> data_dia %>% kruskal_test(pH ~ Tratamiento) %>% as.data.frame()
  .y.  n statistic df      p      method
1  pH 12  7.654971  3 0.0537 Kruskal-Wallis
>
> ##Comparaciones múltiples de Nemenyi
> kwAllPairsNemenyiTest(pH ~ Tratamiento,data_dia)

      Pairwise comparisons using Tukey-Kramer-Nemenyi all-pairs test

data: pH by Tratamiento

      T1    T2    T3
T2 0.295 -    -
T3 0.355 0.999 -
T4 0.033 0.771 0.704

P value adjustment method: single-step
```

```

> ## ACIDEZ ##-----
> ##Test de Kruskal Wallis
> data_dia %>% kruskal_test(Acidez ~ Tratamiento) %>% as.data.frame()
  .y.  n statistic df      p      method
1 Acidez 12    7.172  3 0.0666 Kruskal-Wallis
>
> ##Comparaciones múltiples de Nemenyi
> kwAllPairsNemenyiTest(Acidez ~ Tratamiento,data_dia)

      Pairwise comparisons using Tukey-Kramer-Nemenyi all-pairs test

data: Acidez by Tratamiento

      T1  T2  T3
T2 1.00 -   -
T3 1.00 1.00 -
T4 0.15 0.22 0.15

P value adjustment method: single-step

```

Anexo 26. Test de Kruskal-Wallis y Comparaciones múltiples de Nemenyi para las observaciones del día 3 (código y resultados del software RStudio)

```
> ##### DIA 03 #####
>
> ## HUMEDAD ##-----
> ##Test de Kruskal Wallis
> data_dia %>% kruskal_test(Humedad ~ Tratamiento) %>% as.data.frame()
  .y.  n statistic df      p      method
1 Humedad 12  7.307692  3 0.0627 Kruskal-Wallis
>
> ##Comparaciones múltiples de Nemenyi
> kwAllPairsNemenyiTest(Humedad ~ Tratamiento,data_dia)

      Pairwise comparisons using Tukey-Kramer-Nemenyi all-pairs test

data: Humedad by Tratamiento

      T1    T2    T3
T2 0.738 -    -
T3 0.905 0.987 -
T4 0.455 0.061 0.137

P value adjustment method: single-step
alternative hypothesis: two.sided
>
> ## PH ##-----
> ##Test de Kruskal Wallis
> data_dia %>% kruskal_test(pH ~ Tratamiento) %>% as.data.frame()
  .y.  n statistic df      p      method
1  pH 12  9.461538  3 0.0237 Kruskal-Wallis
>
> ##Comparaciones múltiples de Nemenyi
> kwAllPairsNemenyiTest(pH ~ Tratamiento,data_dia)

      Pairwise comparisons using Tukey-Kramer-Nemenyi all-pairs test

data: pH by Tratamiento

      T1    T2    T3
T2 0.525 -    -
T3 0.324 0.987 -
T4 0.738 0.081 0.033

P value adjustment method: single-step
```

```

> ## ACIDEZ ##-----
> ##Test de Kruskal Wallis
> data_dia %>% kruskal_test(Acidez ~ Tratamiento) %>% as.data.frame()
  .y.  n statistic df      p      method
1 Acidez 12  1.924649  3 0.588 Kruskal-Wallis
>
> ##Comparaciones múltiples de Nemenyi
> kwAllPairsNemenyiTest(Acidez ~ Tratamiento,data_dia)

      Pairwise comparisons using Tukey-Kramer-Nemenyi all-pairs test

data: Acidez by Tratamiento

      T1  T2  T3
T2 0.99 -   -
T3 0.88 0.70 -
T4 0.88 0.70 1.00

P value adjustment method: single-step

```