

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA ESTATAL DEL CARCHI



FACULTAD DE INDUSTRIAS AGROPECUARIAS Y CIENCIAS AMBIENTALES

CARRERA DE ALIMENTOS

Tema: “Uso del aceite esencial de hinojo (*Foeniculum vulgare Mill.*) como alternativa natural para reducir sales de nitrito y cloruro de sodio en la elaboración de hamburguesas de res”

Trabajo de Integración Curricular previo a la obtención del
Título de Ingeniero en Alimentos

AUTOR: Cabezas Fernández Jhon Michael

TUTORA: Dra. Yambay Vallejo Wilman Jenny, MSc.

Tulcán, 2025

CERTIFICADO DE LA TUTORA

Certifico que el estudiante Cabezas Fernández Jhon Michael estudiante con el número de cédula 1003747142 ha desarrollado el Trabajo de Integración Curricular: "Uso del aceite esencial de hinojo (*Foeniculum vulgare* Mill.) como alternativa natural para reducir sales de nitrito y cloruro de sodio en la elaboración de hamburguesas de res"

Este trabajo se sujeta a las normas y metodología dispuesta en el Reglamento de la Unidad de Integración Curricular, Titulación e Incorporación de la UPEC, por lo tanto, autorizo la presentación de la sustentación para la calificación respectiva

Dra. Yambay Vallejo Wilman Jenny, MSc.

TUTORA

Tulcán, noviembre de 2025

AUTORÍA DE TRABAJO

El presente Trabajo de Integración Curricular constituye un requisito previo para la obtención del título de Ingeniero en la Carrera de ingeniería en alimentos de la Facultad de Industrias Agropecuarias y Ciencias Ambientales

Yo, Cabezas Fernández Jhon Michael con cédula de identidad número 1003747142 declaro que la investigación es absolutamente original, auténtica, personal y los resultados y conclusiones a los que he llegado son de mi absoluta responsabilidad.



Cabezas Fernández Jhon Michael

AUTOR

Tulcán, noviembre de 2025

ACTA DE CESIÓN DE DERECHOS DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

Yo Cabezas Fernández Jhon Michael declaro ser autor de los criterios emitidos en el Trabajo de Integración Curricular: "Uso del aceite esencial de hinojo (*Foeniculum vulgare* Mill.) como alternativa natural para reducir sales de nitrito y cloruro de sodio en la elaboración de hamburguesas de res" y eximo expresamente a la Universidad Politécnica Estatal del Carchi y a sus representantes de posibles reclamos o acciones legales.



Cabezas Fernández Jhon Michael

AUTOR

Tulcán, noviembre de 2025

AGRADECIMIENTO

Mi agradecimiento principal es para DIOS quien me brindo estos años de estudio en donde pase momentos llenos de mucha felicidad, además de ser una de las etapas más importantes en mi vida.

A mis padres, hermanas y abuelitos que fueron mi guía y mi inspiración principal para no rendirme en este camino recorrido, agradezco su esfuerzo por permitirme estudiar y ser un profesional.

A mi tutora de tesis la MSc. Jenny Yambay por compartir sus conocimientos para poder culminar este trabajo de investigación con éxito.

A todos mis amigos y personas especiales que fueron parte de este proceso y en algún momento compartieron conmigo momentos increíbles y me ayudaron a ser una mejor persona.

Un especial agradecimiento a mi amigo y hermano Jaime Guzmán Abalco que sigue siendo un ejemplo de persona y amigo leal en cualquier circunstancia que se presentó en la vida.

Jhon Cabezas Fernández

DEDICATORIA

Dedico cada día de estudio y esfuerzo que realice a DIOS que fue el principal testigo de este sacrificio que realice día por día, sin EL no hubiera logrado llegar más lejos de lo que pensé.

A mis padres José Cabezas y Mercedes Fernández que hicieron lo posible y hasta lo imposible para ver a sus hijos convertirse en profesionales, por cada noche y por cada día que trabajaron hasta el cansancio para darnos lo mejor, este esfuerzo se lo dedico a ustedes padres queridos.

A mis hermanas Katherine, Gabriela, Nicole y mi hermano Carlos, que presenciaron cada etapa de estudio que pase, gracias por compartir conmigo ese amor de hermanos y no rendirnos jamás a pesar de las dificultades, al final del camino todos lo logramos como una familia.

A mi Abuelita Rosa que siempre estuvo pendiente de mí y me brindo su amor paciencia y educación desde que fui un niño y logró verme convertir en un ingeniero como siempre lo anhelaba.

Jhon Cabezas Fernández

ÍNDICE

RESUMEN	15
ABSTRACT	16
INTRODUCCIÓN	17
I. EL PROBLEMA	19
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	19
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	20
1.3. JUSTIFICACIÓN	20
1.4. OBJETIVOS Y PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN	21
1.4.1. Objetivo General	21
1.4.2. Objetivos Específicos	21
1.4.3. Preguntas de Investigación	21
II. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA	23
2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN	23
2.2. MARCO TEÓRICO	27
2.2.1. Las Plantas	27
2.2.2. Planta tipo (Foeniculum vulgare Mill.)	28
2.2.3. Aceites Esenciales.....	29
2.2.4. Aceite esencial de Hinojo	31
2.2.5. Aditivos alimentarios	35
2.2.6. Carne	38
2.2.7. Derivados cárnicos	39
2.2.8. Parámetros bromatológicas	42
2.2.9. Características microbiológicas	42
2.2.10. Características sensoriales de los alimentos	43
2.2.11. Tiempo de vida de útil de los alimentos	44
2.2.12. Pruebas para la determinación la vida útil	44

III. METODOLOGÍA	46
3.1. ENFOQUE METODOLÓGICO	46
3.1.1. Enfoque	46
3.1.2. Tipo de Investigación.....	46
3.2. DEFINICIÓN Y OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES	47
3.2.1. Definición de variables.....	47
3.2.2. Hipótesis	47
3.2.3. Operacionalización de las variables.....	47
3.4. MÉTODOS UTILIZADOS	50
3.4.1. Extracción de aceite esencial.....	50
3.4.2. Elaboración de Hamburguesas de Res con aceite esencial de hinojo (<i>Foeniculum vulgare Mill.</i>)	53
3.4.3. Parámetros Físicoquímicos	56
3.4.4. Análisis Microbiológico	60
3.4.5. Análisis Sensorial	62
3.4.6. Determinación del tiempo de vida útil.....	62
3.5. ANALISIS ESTADISTICO	62
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	65
4.1. RESULTADOS	65
4.1.1. Análisis físicoquímico en la elaboración de hamburguesas de res.....	65
4.1.2. Parámetro de Inocuidad	69
4.1.3. Evaluación Sensorial	70
4.1.4. Determinación de vida útil	73
4.2. DISCUSIÓN	76
4.2.1. Características físicoquímicas	76
4.2.2. Caracterización microbiológico y tiempo de vida útil	79
V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	81

5.1. CONCLUSIONES.....	81
5.2. RECOMENDACIONES	82
V.I REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	83
VII ANEXOS.....	92

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Descripción taxonómica de la planta tipo (<i>Foeniculum vulgare</i> Mill.).....	28
Tabla 2. Métodos de extracción de aceite esencial.....	34
Tabla 3. Clasificación de los aditivos alimentarios por su función.	35
Tabla 4. Conservantes inorgánicos usados en la industria de alimentos.	37
Tabla 5. Conservantes orgánicos usados en la industria alimentaria.....	37
Tabla 6. Composición química de la hamburguesa en 100 g.....	40
Tabla 7. Tabla de operacionalización de variables.....	48
Tabla 8. Formulaciones de las hamburguesas de res con aceite esencial.....	53
Tabla 9. Diseño experimental para la elaboración de hamburguesas de res.	63
Tabla 10. Escala hedónica de aceptación sensorial.....	64
Tabla 11. Resultados microbiológicos de inocuidad de hamburguesas de res.....	70
Tabla 12. Escala hedónica de aceptación sensorial de 5 puntos.....	70
Tabla 13. Resultados de los parámetros de color.....	70
Tabla 14. Resultados de los parámetros de olor.....	71
Tabla 15. Resultados de los parámetros de sabor.....	71
Tabla 16. Resultados de los parámetros de jugosidad.....	72
Tabla 17. Resultados de los parámetros de textura.....	72
Tabla 18. Resultados de todos los tratamientos.....	73
Tabla 19. Análisis Aerobios Mesófilos del tratamiento T2.....	74
Tabla 20. Análisis de <i>Staphylococcus Aureus</i> del tratamiento T2.....	74
Tabla 21. Análisis de <i>Escherichia-coli</i> del tratamiento T2.....	75
Tabla 22. Análisis de <i>Salmonella</i> del tratamiento T2.....	75
Tabla 23. Resultados de análisis microbiológico de todos los tratamientos.....	75
Tabla 24. Resultados de estabilidad con parámetros pH.....	76
Tabla 25. Propiedades organolépticas de los 25 días del T2.....	76
Tabla 26. Contenido de proteína en las hamburguesas de res.....	95
Tabla 27. Contenido de grasa en las hamburguesas de res.....	95
Tabla 28. Contenido de humedad en las hamburguesas de res.....	95
Tabla 29. Contenido de cenizas en hamburguesas de res.....	95
Tabla 30. Contenido de acidez titulable en hamburguesas de res.....	95
Tabla 31. Valores de pH en las hamburguesas de res.....	95
Tabla 32. Recuento de microorganismo Aerobios Mesófilos.....	96
Tabla 33. Recuento de microorganismos <i>Staphylococcus aureus</i>	96

Tabla 34. Recuento de microorganismos <i>E coli</i>	97
Tabla 35. Recuento de microorganismo <i>Salmonella spp</i>	98

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Clasificación de las Plantas.....	27
Figura 2. <i>Foeniculum vulgare</i> Mill (a) en su hábitat natural; (b) tallo; (c) hojas; (d) inflorescencias y flores; (e) frutos; y (f) población de <i>F. vulgare</i> Mill.....	29
Figura 3. Aceite esencial de hinojo (<i>Foeniculum vulgare</i>)	32
Figura 4. Diagrama de Flujo de la Extracción de aceite Esencial de Hinojo.....	52
Figura 5. Diagrama de flujo de la elaboración de la hamburguesa de Res.....	55
Figura 6. Contenido de proteína en las hamburguesas de res.....	65
Figura 7. Contenido de grasa en las hamburguesas de res.....	66
Figura 8. Contenido de humedad en las hamburguesas de res.	67
Figura 9. Contenido de cenizas en hamburguesas de res.....	67
Figura 10. Contenido de acidez titulable en hamburguesas de res	68
Figura 11. Valores de pH en las hamburguesas de res	69
Figura 12. Aerobios mesófilos	99
Figura 13. <i>Staphylococcus aureus</i>	99
Figura 14. <i>E. coli</i>	100
Figura 15. <i>Salmonella</i> spp.	100
Figura 16. Pesado de la materia vegetal.....	101
Figura 17. Agregado del agua	101
Figura 18. Extracción.....	101
Figura 19. Evaporación y condensación	101
Figura 20. Decantación	101
Figura 21. Almacenado	101
Figura 22. Pesado de la materia prima	102
Figura 23. Pesado de las especias.....	102
Figura 24. Agregado de las especias y homogenizado.....	102
Figura 25. Agregado del Aceite esencial y sales de nitrito	102
Figura 26. Empacado.....	102
Figura 27. Sellado al vacío.....	102
Figura 28. Determinación de pH.....	103
Figura 29. Determinación de acidez	103
Figura 30. Determinación de humedad.....	103
Figura 31. Determinación de cenizas	103
Figura 32. Determinación de grasas por el método de soxhlet.....	103

Figura 33. Determinación de Proteínas por el método de Kjeldahl.....	103
Figura 34. Preparación de muestras y diluciones	104
Figura 35. Siembra	104
Figura 36. Placas petrifilm 3M inoculadas	104
Figura 37. Incubación	104
Figura 38. Conteo de colonias.....	104
Figura 39. Preparación de las hamburguesas.	105
Figura 40. Catación de las muestras	105
Figura 41. Laboratorio de Análisis Sensorial.....	105

INDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Acta de la sustentación de Predefensa del TIC.....	92
Anexo 2. Certificado del abstract por parte de idiomas	92
Anexo 3. Resultados del análisis fisicoquímico de las hamburguesas de res.....	94
Anexo 4. Resultados de recuento microbiológico de los tratamientos	96
Anexo 5. Gráficos del tiempo de vida útil de 5,10,15,20,25 días.....	99
Anexo 6. Extracción de Aceite Esencial de Hinojo	101
Anexo 7. Elaboración de Hamburguesas de Res.....	102
Anexo 8. Pruebas Fisicoquímicas	103
Anexo 9. Pruebas Microbiológicas	104
Anexo 10. Análisis sensorial.....	105
Anexo 11. Hoja de catación.....	106

RESUMEN

El objetivo de la presente investigación fue evaluar el efecto del aceite esencial de hinojo (*Foeniculum vulgare Mill.*) como alternativa natural para reducir sales de nitrito y cloruro de sodio en la elaboración de hamburguesas de res. El proyecto se desarrolló en dos fases, en la primera se realizó la extracción del aceite esencial de hinojo, y en la segunda fase se realizó la formulación de cuatro tratamientos con base en carne de res, variando la concentración de aceite esencial de hinojo (AEH), cloruro de sodio (NaCl) y sales de nitrito de sodio (NaNO₂): T1 (0.00 g AEH + 0.00 g NaNO₂ + 9.00 g NaCl), T2 (0.20 g AEH + 0.019 g NaNO₂ + 8.781 g NaCl), T3 (0.40 g AEH + 0.009 g NaNO₂ + 8.591 g NaCl) y T4 (0.60 g AEH + 0.005 g SN + 8.395 g NaCl). El diseño experimental correspondió a un Diseño Completamente al Azar (DCA), con tres repeticiones por tratamiento, total 12 unidades experimentales de 500 g cada una. El contenido de proteína fue del 25,16 a 27,47 %; grasa de 20,28 a 20,45 %; humedad de 71.44 a 72.93 %; ceniza de 5.09 a 5.50 %; acidez de 0,19 a 0,27 % y pH de 5,62 a 5,80 valores acordes a los establecidos en la Norma Técnica Ecuatoriana 1338:2012. La evaluación sensorial se ejecutó con un panel de 60 jueces no entrenados mediante una escala hedónica de cinco puntos. Los datos se analizaron con la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis, el tratamiento T2 fue el de mayor aceptación sensorial. De este se determinó la vida útil, en refrigeración, mediante el análisis de aerobios mesófilos, *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli* y *Salmonella* spp. y pH, el tiempo de vida útil fue de 25 días en refrigeración. Los resultados confirman que el aceite esencial de hinojo puede emplearse como conservante natural complementario a los nitritos, contribuyendo en la elaboración de hamburguesas más seguras y con menor carga de aditivos sintéticos.

Palabras Claves: hamburguesa de res, aceite esencial de hinojo, Conservantes naturales, vida útil.

ABSTRACT

The objective of this research was to evaluate the effect of fennel essential oil (*Foeniculum vulgare* Mill.) as a natural alternative for reducing nitrite salts and sodium chloride in the production of beef hamburgers. The project was carried out in two phases. In the first phase, fennel essential oil was extracted, and in the second phase, four beef-based treatments were formulated, varying the concentration of fennel essential oil (FEO), sodium chloride (NaCl), and sodium nitrite salts (NaNO_2): T1 (0.00 g FEO + 0.00 g NaNO_2 + 9.00 g NaCl), T2 (0.20 g FEO + 0.019 g NaNO_2 + 8.781 g NaCl), T3 (0.40 g FEO + 0.009 g NaNO_2 + 8.591 g NaCl), and T4 (0.60 g FEO + 0.005 g SN + 8.395 g NaCl). The experimental design was a completely randomized design (CRD), with three replicates per treatment, for a total of 12 experimental units of 500 g each. The protein content ranged from 25.16 to 27.47%; fat from 20.28 to 20.45%; moisture from 71.44 to 72.93%; ash from 5.09 to 5.50%; acidity from 0.19 to 0.27%; and pH from 5.62 to 5.80, values in accordance with those established in Ecuadorian Technical Standard 1338:2012. The sensory evaluation was carried out with a panel of 60 untrained judges using a five-point hedonic scale. The data were analyzed using the nonparametric Kruskal-Wallis test, and treatment T2 was the most acceptable in terms of sensory evaluation. The shelf life under refrigeration was determined by analyzing mesophilic aerobes, *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, and *Salmonella* spp. and pH. The shelf life was 25 days under refrigeration. The results confirm that fennel essential oil can be used as a natural preservative complementary to nitrites, contributing to the production of safer hamburgers with a lower synthetic additive content.

Keywords: beef burger, fennel essential oil, natural preservatives, shelf life.

INTRODUCCIÓN

La conservación de alimentos se ha considerado indispensable a lo largo de la historia, donde se ha utilizado diferentes técnicas ancestrales como son el salado, secado en el sol, ahumado y fermentación. Se conoce que en las culturas andinas se elaboraba carne seca o deshidrata más conocida como charqui que puede ser elaborada a partir de diferentes tipos de carne como son: equino, ovino, porcino, vacuno e incluso llama; este alimento es una alternativa de la carne elaborada ya conocida debido al tiempo de conservación que este alimento presenta (Alvarado Foronda 2018).

Debido al desarrollo de nuevas tecnologías de conservación y a la demanda de alimentos procesados, con el paso del tiempo la industria alimentaria ha implementado el uso de aditivos sintéticos en productos cárnicos, pero se ha generado una preocupación en su uso ya que se asocian con diferentes enfermedades por el consumo excesivo. Por esto la población se han interesado en consumir alimentos libres de patógenos con la menor cantidad de aditivos químicos que sean sensorialmente aceptables y con un valor nutricional alto que representa una alternativa en la prevención de enfermedades (De La Fuente Salcido y Barboza Corona 2010).

La industria alimentaria emplea conservantes para prolongar la vida útil de los alimentos y entre los conservantes más importantes están el uso de nitritos y nitratos en productos cárnicos procesados que es indispensable para el control de microorganismos patógenos y el desarrollo de cualidades sensoriales. Pero su uso se ha relacionado con la generación de compuestos N-nitrosaminados en el organismo que son altamente carcinógenas y genotóxicos (Londoño Pereira y Gómez Ramírez 2021).

Por esto el uso de nuevas alternativas de conservación de origen natural o la bioconservación es la solución ante la generación de estos problemas, ya que puedan ofrecer beneficios al momento de conservar alimentos y mantener un alimento inocuo para su consumo. La finalidad de la bioconservación es extender la

vida de anaquel y seguridad de un alimento usando la microbiota natural o controlada y/o sus compuestos antimicrobianos. En la bioconservación de alimentos de diferentes técnicas para obtener alimentos mínimamente procesados y sin aditivos. Por eso la bioconservación ha tomado un gran auge basándose en los efectos de los mencionados bioconservadores (De La Fuente Salcido y Barboza Corona 2010).

Entre las alternativas de conservación natural se encuentran los aceites esenciales debido a que se comprobó que la esencia de esta planta mostró actividad antibacteriana muy fuerte contra diferentes patógenos de los alimentos como *Escherichia coli*, *Listeria monocytogenes*, *Salmonella typhimurium*, *Staphylococcus aureus*, además de tener una enorme actividad contra el *Helicobacter Pylori* y *Campylobacter jejuni* (Wesam y Maryam 2014).

También nos indica que al estudiar la actividad antibacteriana del hinojo en cepas de *Acinetobacter baumannii* que son las causantes de infecciones nosocomiales. Los resultados indicaron que el extracto de hinojo tiene un efecto antibacteriano sobre todas las cepas bacterianas, por lo que su extracto puede utilizarse para controlar bacterias resistentes a múltiples antibióticos.

La carne y los productos cárnicos son los alimentos de mayor demanda a nivel nacional debido a su contenido nutricional, que lo potencializa para la dieta diaria por su alto contenido de proteína, en este contexto el consumidor busca productos de calidad que no tengan efectos adversos sobre su salud. Pero por su naturaleza orgánica la carne es perecedera teniendo alteraciones biológicas, físicas y químicas que influyen en la calidad de la carne. Por ello deben someterse a diferentes métodos de conservación para mantener sus características microbiológicas y sensoriales aptas para su consumo por periodo de tiempo prolongado (Stadnik 2024).

I. EL PROBLEMA

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La carne es uno de los alimentos más consumidos en los hogares teniendo un incremento en su consumo debido a factores como el aumento en la población, cambios en la dieta y diferentes estilos de vida que provocan mayor ingesta de proteína animal. Se estima que la demanda mundial de productos cárnicos se incrementa a un ritmo anual de 1.3 % entre el 2007 y 2050, un valor superior al crecimiento anual estimado de 1.1 % para el total de la producción agropecuaria (Sánchez y Delgado 2011).

La aplicación de nitritos en productos cárnicos tiene propiedades antimicrobianas al inhibir el crecimiento de microorganismos aerobios. Las propiedades antimicrobianas de los nitritos dependen principalmente del pH; se ha reportado que el efecto bactericida (pH 5-6) del nitrito se incrementa diez veces cuando el pH decrece en una unidad. Por esto se estableció límites para su uso debido a la asociación sobre efectos negativos en la salud (Villamil y Piagentini 2021).

Los nitritos y nitratos son compuestos químicos inorgánicos que se derivan del nitrógeno, los podemos encontrar de manera natural en alimentos vegetales y también de manera adicionada en productos cárnicos procesados. Pero el descubrimiento de compuestos N-nitrosos y genotóxicos se ha relacionado con el riesgo de contraer cáncer en diferentes tejidos, lo que ha generado repercusiones negativas para la industria cárnica (Londoño y Gómez 2021).

Las nitrosaminas o llamados N-nitrosocompuestos tienen dos orígenes: formaciones endógenas (natural) que se encuentran en el estómago y formación exógena presente en alimentos. Los estudios científicos revelan que la nitrosación endógena produce grandes cantidades de N-nitrosocompuestos que representan un peligro para la salud, afectando a diversos órganos como el cerebro, hígado, riñón, vejiga, estomago, esófago (Londoño y Gómez 2021).

También es asociado a otras enfermedades que se atribuyen a la ingesta de nitratos, como es la metahemoglobinemia, una alteración en el cuerpo, específicamente en la sangre, que se produce al reaccionar el nitrito con la hemoglobina lo que impide el paso del oxígeno desde los pulmones hacia los demás tejidos del cuerpo (Londoño y Gómez 2021).

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿La sustitución de las sales de nitritos y cloruro de sodio por conservantes de origen natural como el aceite esencial de hinojo, influye en la calidad microbiológica, sensorial, físico químicas y vida útil de las hamburguesas de res?

1.3. JUSTIFICACIÓN

El desarrollo de procesos de conservación con productos naturales como son los aceites esenciales se ha convertido en una alternativa de conservación, debido a su actividad antibacteriana y antioxidante, además de demostrarse beneficios en la alimentación y en la salud humana, aún existe estudios de desarrollo sobre sus propiedades biológicas como antitumorales, analgésicos insecticidas, antidiabéticos y antiinflamatorio (Ceballos y Londoño 2019).

Desde la antigüedad se han utilizado los aceites esenciales, pero actualmente su aplicación como agente antimicrobiano y conservante es una tendencia y objeto de estudio. El aceite esencial de hinojo (*Foeniculum vulgare Mill.*) contiene más 30 tipos de compuestos terpénicos, pero los más importantes son: trans-anetol (50-80 %), fenchona (8 %), limoneno (5 %) metil chavicol (2 %) y en cantidades menores también contiene compuestos fenólicos como flavonoides, ácidos fenólicos, ácidos hidroxicianámicos, cumarina y tanino. El extracto acuoso de hinojo muestra actividad bactericida contra *Enterococcus faecalis*, *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Salmonella typhi*, *Salmonella typhimurium* y *Shigella flexneri* (Wesam y Maryam 2014).

Entre los mecanismos de eficiencia del hinojo (*Foeniculum vulgare Mill.*) se encuentra la presencia compuestos activos con actividad antimicrobiana como el ácido oleico y la cumarina, compuestos antioxidantes como flavonoides y fenoles, presencia de compuestos activos como el anetol que tiene un efecto inhibidor de la activación

TNF- α , con efectos antiangiogénicos y efectos apoptóticos considerable sobre células cancerosas y antitumorales. La aplicación de conservantes naturales en la industria cárnica es un tema de desarrollo de acuerdo con las demandas del cliente el cual busca encontrar un producto de origen orgánico libre de conservantes artificiales que producen enfermedades terminales. Este paso ha indicado el desarrollo de nuevos métodos y técnicas que permiten un mejor manejo y conservación de los alimentos (Wesam y Maryam 2014).

Los compuestos fenólicos presentes en su composición promueven el cuidado de la salud y reduce el riesgo de contraer enfermedades asociados con el estrés oxidativo como el cáncer y enfermedades cardiovasculares (Astorga 2019).

1.4. OBJETIVOS Y PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN

1.4.1. Objetivo General

Evaluar el efecto del aceite esencial de hinojo (*Foeniculum vulgare Mill.*) como alternativa natural para reducir sales de nitrito y cloruro de sodio en la elaboración de hamburguesas de res.

1.4.2. Objetivos Específicos

- Analizar las propiedades fisicoquímicas y microbiológicas de las hamburguesas de los tratamientos elaborados con diferentes concentraciones de sales nitrificantes, cloruro de sodio y aceite esencial de hinojo.
- Determinar sensorialmente el nivel de aceptación del consumidor y el mejor tratamiento de las hamburguesas.
- Establecer el tiempo de vida útil del mejor tratamiento durante el almacenamiento en refrigeración.

1.4.3. Preguntas de Investigación

¿Es factible el uso de aceites esenciales como sustituto de conservantes artificiales en productos cárnicos?

¿El uso del aceite esencial de hinojo en la elaboración de las hamburguesas influye en los parámetros fisicoquímico, microbiológicos de hamburguesas de Res?

¿El uso del aceite esencial de hinojo en la elaboración de las hamburguesas inhibe el crecimiento de microorganismos?

¿El uso del aceite esencial de hinojo en la preparación de hamburguesas influye el tiempo de vida útil?

II. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

Como soporte teórico del actual estudio se consideró indagaciones previas de la problemática de estudio, a continuación, se puntualizan los antecedentes investigativos.

Huamán (2020) en su tema de investigación: "Evaluación de la influencia del aceite esencial de Huacatay (*Tagetes minuta*) en la conservación de la hamburguesa de carne de res (*Bos Taurus*), evaluó la influencia del aceite esencial en las características microbiológicas, sensoriales y en la oxidación lipídica, para determinar la oxidación lipídica utilizó el índice de peróxidos. Para determinar las características sensoriales aplicó pruebas afectivas con 20 panelistas, evaluando olor, color, sabor, textura utilizó una escala hedónica de 5 puntos. Utilizó un diseño factorial de 4x3 con dos repeticiones considerando las variables independientes como el tiempo de almacenamiento (0, 3, 6, 12 días) y aceite esencial en concentraciones de (0.0 %, 0.5 %, 1 %) y como variables dependientes valores de la oxidación lipídica, microbiológica y características sensoriales. Los resultados para oxidación lipídica de los tratamientos (0.0 %, 0.5 % y 1.0 %) con aceite esencial (AE) reportaron diferencia significativa, cuyos índices de peróxidos fueron 9.75, 8.25 y 7.25 meq de O₂/kg de grasa para el día 12 de control, valores menores a los establecidos por el Codex alimentario de 10 meq de O₂/kg de grasa, se concluye que los aceites influyen en la oxidación lipídica. Los resultados microbiológicos (*Escherichia Coli*, *Salmonella sp*, *Aerobios Mesófilos* y *Staphylococcus Aureus*), para el tratamiento de 0.5 % de AE mantuvo la carga microbiana hasta el día 6 de control dentro del rango permitido por la NTP de carne y productos cárnicos, mientras que el tratamiento con AE al 1.0 % mantuvo las características microbiológicas hasta el día 12 de evaluación, dentro del parámetro establecido por la NTP. Concluyendo que el aceite esencial de Huacatay mantiene los valores de oxidación lipídica, microbiológicas y características sensoriales de las hamburguesas de res en un tiempo de 6 días.

En la investigación realizada por Tapia y Quintan (2022) con el tema: "Conservación de hamburguesa de res con Aceite esencial de orégano (*Origanum vulgare*)". Se elaboró la hamburguesa de res empleando aceite esencial de orégano como conservante en las concentraciones de 0.1 %, 0.2 %, 0.3 %, 0.4 % manejando un testigo sin conservante (0,0 %), las hamburguesas se almacenaron en refrigeración a 4 °C para su conservación. Se evaluaron la actividad microbiana, el pH, acidez y las características sensoriales de sabor, olor, color y textura. Se empleó regresión lineal múltiple para validar estadísticamente la influencia de la concentración del aceite esencial y los días de almacenamiento en las variables respuesta microbiológicas y fisicoquímicas. Los resultados indican que el aceite esencial de orégano tiene acción antimicrobiana sobre *Escherichia coli* que se mantuvo en todos los tratamientos por debajo de 10 UFC/g y hubo ausencia de *Salmonella sp.* Mientras que para *Aerobios mesófilos* y *Staphylococcus aureus* hubo actividad microbiana, pero se mantuvieron en niveles inferiores a los límites máximos permisibles según NTP. En cuanto a las características organolépticas, estos se mantienen aceptables hasta el día 10 de conservación, siendo el tratamiento T2 (0.1%) el que presentó mejor promedio para la mayoría de los atributos evaluados, sin embargo, los tratamientos T4 (0.3 %) y T5 (0.4 %) presentan mayor acción conservante hasta por 15 días, pero sus atributos sensoriales son bajos.

Hilvay (2015) en su tema de investigación: Efecto de los aceites esenciales de Limón (*Citrus limón*), Albahaca (*Ocimum basilium L*) y Orégano (*Origanum Vulgare*) en la conservación de Carne de Cuy (*Cavia Porcellu*) aplicó aceites esenciales en la carne de cuy y determinó el tiempo de vida útil y las características sensoriales. Utilizó un diseño de bloques con arreglo factorial A x B más un testigo, consideró tamaño edad y raza de los cuyes. Se preparó la sal curante y concentraciones de aceite esencial 0.3 %, 0.4 % y 0,5 %, se inyectó al músculo hasta alcanzar el aumento de masa en un 30 % aplicando masajes cada 20 minutos por 12 horas. Luego del análisis estadístico se determinó que el mejor tratamiento correspondía al T7 con una concentración de aceite esencial de orégano en un 0,30 %. Estas muestras presentaron un pH de 6.4, 0.171 % de acidez, 2.41 % de cenizas, 12.02 % de proteína, 16.9 mg/Kg de nitrito residual, E. coli: <10 Ufc/g, *Staphylococcus aureus*: <10 Ufc/g *Salmonella*: no

detectado en 25gr y Aerobios Mesófilos: 1.5×10^2 Ufc/g; logrando mantener un color, olor, sabor, aceptable y una vida útil de 40 días.

López et al. (2019) en su tema de trabajo: Utilización de aceites esenciales de la planta tipo (*Minthostachys mollis*) para la conservación de carne de hamburguesa tuvo como objetivo analizar el aceite esencial de esta planta para conservar las hamburguesas como una alternativa de conservante natural. La extracción de AE se realizó por el método de destilación por arrastre de vapor como resultado se obtuvo el hidrolato y el aceite esencial, que fue incorporado a la hamburguesa en su elaboración. Las hamburguesas con diferentes porcentajes de aceite esencial se sometieron a análisis microbiológicos para determinar la presencia de *Escherichia coli*, *Salmonella*, *Staphylococcus aureus*, observando que para *E. coli* hay un crecimiento (UFC) mayor en la muestra T0 (0% de AE) frente a las tres muestras que tienen aceite esencial; en *Staphylococcus* de igual manera hay mayor crecimiento (UFC) en la muestra T0 (0% de AE) y a medida que se añade aceite esencial las UFC disminuyen a diferencia de la *Salmonella* donde presencia de UFC en ninguna muestra es decir que el proceso de elaboración estaba en condiciones óptimas. En el análisis organoléptico se notó que el aceite esencial no modifica los parámetros de olor color y textura, pero se tiene una diferencia estadística en la muestra T2 (0,25% de AE) con la T0 (0% de AE), pero iguales con la muestra T3 (0,50 % de AE) y T4 (0,75 % de AE), igual manera la mejor aceptación es la T0 (0,25% de AE). Se recomienda respetar la cadena de frío para no tener proliferación de microorganismos.

Trujillo (2018) en la investigación "Evaluación de la actividad antimicrobiana del aceite esencial de *Ocinum Basilicum* L. (Albahaca) para ser aplicado en la conservación de hamburguesas de res y de pollo", concluyó que las hamburguesas de res y pollo con aceite de albahaca tienen diferencia significativa en el Factor A (tipos de carnes) y el Factor B (concentración de aceite) y en la intersección AB. A (tipos de carne) (145,636) B (concentración de aceite) (5996,33) y el factor AB (68,9344).

La investigación realizada por Londoño y Gómez (2021) en el artículo científico denominado: "Nitritos y nitratos la doble cara de la moneda" nos expresa que los nitritos y nitratos son compuestos químicos inorgánicos derivados del nitrógeno que se encuentran naturalmente en alimentos vegetales y también de forma adicionada en varios productos cárnicos procesados. Su presencia en la dieta diaria lo relaciona

históricamente con un alto riesgo de producir cáncer en diferentes tejidos debido a la capacidad de formar N-nitrosaminas, altamente carcinogénicas. El objetivo principal fue revisar el porcentaje de ingesta de estos compuestos y el impacto en la salud humana tanto de procedencia natural y los que han sido modificados y añadidos como aditivos químicos.

En el siguiente artículo científico de Wesam y Maryam (2014) sobre el "Potencial terapéutico y farmacológico de *Foeniculum vulgare* mil: una revisión" considera que el hinojo es una de las plantas más importantes debido a su implicación económica y su aplicación en la industria farmacéutica y es considerada una de las plantas más importantes en el mundo. De acuerdo con los resultados obtenidos se mencionan que esta planta posee diversas propiedades farmacológicas entre ellas están, efectos antioxidantes, antiinflamatorios, antifúngicos, antibacterianos y estrogénicos que se deben a la presencia de compuestos propios de esta planta como son el anetol, el estragol y el fenshon

En la investigación de Hassan et al. (2017) en su tema "Reducir los niveles de sodio, grasas animales saturadas y nitrito en productos cárnicos de cerdo curados en seco: un gran desafío" nos expresa la importancia del método de conservación para prolongar la vida útil de la carne de cerdo, especificando el método, que consiste en poner en contacto músculos enteros o mezclas de carne magra con la mezcla de salazón que está compuesta de cloruro de sodio (sal), nitrito de potasio o nitrito de sodio (KNO_2 o NaNO_2 , conservantes alimentarios E249 o E250, en adelante "nitritos"), y nitrato de sodio o nitrato de potasio (NaNO_3 o KNO_3 , conservantes alimentarios E251 o E252, en adelante "nitratos"). Permite que esta mezcla de salazón preserve el producto del deterioro microbiológico, además de contribuir a las características organolépticas finales. En la reducción/sustitución que plantean los autores indican que la sustitución de sodio puede ser parcial por otras sales metálicas además del uso de potenciadores de sabores o reducción directa del nivel de sal a lo largo del tiempo. La sustitución parcial es ampliamente aplicada y consiste en reemplazar una parte del cloruro de sodio (NaCl) por sales sustitutivas como son cloruro de potasio (KCl), cloruro de calcio (CaCl_2), cloruro de magnesio (MgCl_2) lactato de potasio ($\text{C}_3\text{H}_5\text{KO}_3$) o ascorbato de calcio ($\text{C}_{12}\text{H}_{14}\text{CaO}_{12}$). Pero indica que la sal más utilizada es el cloruro de potasio, debido al comportamiento similar en término de solubilización de proteínas e inhibición de la actividad de las proteasas,

sin embargo, las altas concentración de cloruro de potasio genera un fuerte sabor amargo y metálico en los productos cuando supera el 30 % de reemplazo por el cloruro de sodio. Pero otros autores no encontraron diferencias significativas al remplazar el 3 % de cloruro de sodio NaCl.

2.2. MARCO TEÓRICO

2.2.1. Las Plantas

2.2.1.1. Definición

Se comprende como plantas a los seres vivos que forman parte del reino vegetal y son de vital importancia para la permanencia de otros seres vivos en este planeta, ya que son una fuente de alimentación para los seres humanos y los animales. Todas las especies vegetales son pluricelulares y poseen células eucariotas.

2.2.1.2. Clasificación de las plantas

La clasificación más general de las plantas se lo menciona por su tamaño como son: árboles, arbustos, plantas herbáceas.

También podemos clasificar las plantas por su forma de reproducción como se muestra a continuación:

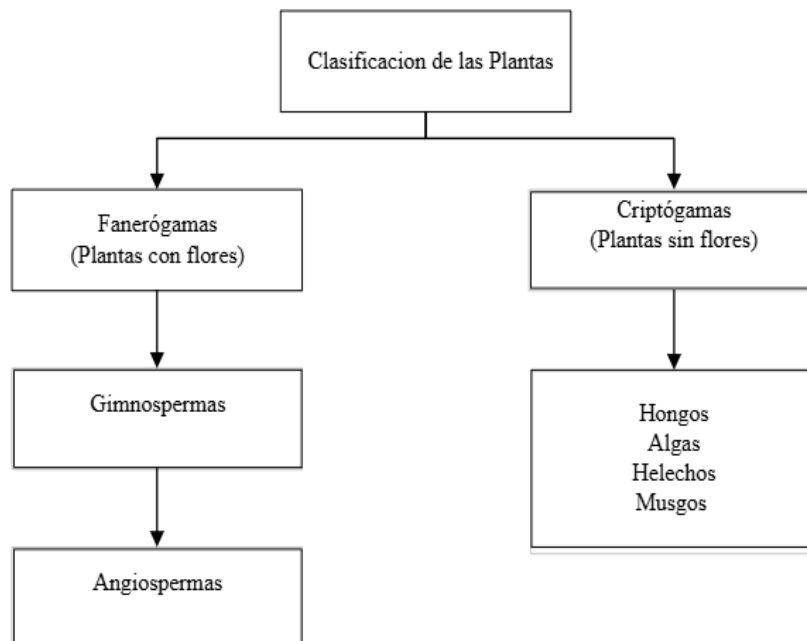


Figura 1. Clasificación de las Plantas
Fuente: (Toscano 2021)

2.2.2. Planta tipo (*Foeniculum vulgare* Mill.)

2.2.2.1. Historia

El hinojo (*Foeniculum vulgare* Mill.) es una planta perteneciente a la familia *Apiaceae*, es una planta herbácea y vivaz, las hojas se dividen en tiras filiformes tienen un característico olor anisado. Era utilizado en el antiguo Egipto, los griegos fomentaron su conocimiento en el Mediterráneo y para la edad media fue extendida por Europa central por los españoles, actualmente se encuentra por todo el mundo y crece de forma salvaje y también crece como forma de cultivo y se emplea en diferentes ámbitos como alimento o planta medicinal (Alonso 2015).

2.2.2.2. Descripción Taxonómica

En la Tabla 1 se presenta la descripción taxonómica de la planta (*Foeniculum vulgare* Mill.) en el cual podemos identificar su división en reino y Plantae específicamente como se muestra a continuación.

Tabla 1. Descripción taxonómica de la planta tipo (*Foeniculum vulgare* Mill.)

Reino	Plantae
División	Tracheophyta
Subdivisión	Spermatophytina
Clase	Magnoliopsida
Orden	Apiales
Familia	Apiaceae
Genero	Foeniculum
Especie	vulgare
Nombre Botánico	Foeniculum vulgare Mill.

Fuente: (Shamkant B., Vainav V., & Atmaram H. , 2014)

2.2.2.3. Descripción

El hinojo (*Foeniculum vulgare* Mill) es una planta originaria de Europa Mediterráneo exactamente en la región sur y por medio del cultivo y naturalización crece en la mayor parte de los continentes incluyendo Asia, América del Norte y Europa. Esta planta puede crecer de manera silvestre o a su vez puede ser cultivada y en algunas zonas acuta como una especie invasiva afectando en gran forma el territorio de la flora autóctona (Badgujar y Patel 2014).

La descripción Botánica que presenta el hinojo indica que se considera una planta perenne que llega a medir hasta 250 cm. El tallo es erecto estirado, glauco, gabor,

sin restos fibrosos en la base y ramificado en su mitad superior. Sus hojas con un contorno triangular y son pecioladas y glabras, que pueden crecer hasta 40cm de largo. Tiene flores doradas brillantes, producidas en umbelas terminales grandes y planas (Badgujar y Patel 2014).



Figura 2. *Foeniculum vulgare* Mill (a) en su hábitat natural; (b) tallo; (c) hojas; (d) inflorescencias y flores; (e) frutos; y (f) población de *F. vulgare* Mill.

Fuente:(Cisneros y Bedoya 2022)

2.2.3. Aceites Esenciales

Los aceites esenciales son compuestos del metabolismo vegetal y la mayoría son volátiles y son los responsables de aportar el aroma a las plantas. De acuerdo con la especie el aceite esencial puede contener entre 50 a 300 compuestos químicos, los cuales pertenecen al grupo de los hidrocarburos herpéticos, alcoholes, aldehídos, cetonas, éteres, ésteres, compuestos fenólicos, fenilpropanoides, entre otros.² Las características químicas específicas de los aceites esenciales varían en función de la zona de cultivo y condiciones ambientales (Ruiz et al. 2015).

Cada aceite esencial tiene un perfil aromático único, que varía según la planta de la que se extrae. La investigación científica sobre la eficacia de los aceites esenciales es variable, y se necesita más estudio para respaldar muchas de las afirmaciones terapéuticas. Algunos aceites esenciales han demostrado beneficios en estudios, pero se requiere una mayor exploración.

2.2.3.1. Clasificación de los aceites esenciales

Los aceites esenciales se clasifican de acuerdo con diversos criterios como son la consistencia y origen como se detalla a continuación:

Clasificación por su consistencia

Esencias fluidas: Se consideran líquidos volátiles a temperatura ambiente.

Bálsamo: Sustancias sólidas o líquidas, que se utilizan con diversos propósitos en especial aliviar afecciones cutáneas.

Oleorresinas: Son sustancias naturales con una alta concentración de aroma, estas resinas contienen aceites esenciales y compuestos resinoso (Martínez 2003).

Esencias fluidas: Se consideran líquidos volátiles a temperatura ambiente.

Bálsamo: Sustancias solidas o liquidas, que se utilizan con diversos propósitos en especial aliviar afecciones cutáneas.

Oleorresinas: Son sustancias naturales con una alta concentración de aroma, estas resinas contienen aceites esenciales y compuestos resinoso (Martínez 2003).

Clasificación por su Origen

Aceites naturales: Los aceites naturales, a menudo llamados aceites vegetales o aceites esenciales, son sustancias líquidas derivadas de fuentes naturales, como plantas, semillas, frutas y nueces. No sufren alteraciones químicas.

Aceites artificiales: Estos aceites se obtienen por procesos de enriquecimiento generalmente se refieren a aceites que no son de origen natural y se producen mediante procesos químicos entre uno o varios componentes.

Aceites sintéticos: Estos aceites se producen por procesos de síntesis química los aceites sintéticos son lubricantes diseñados y fabricados específicamente para cumplir con los altos estándares de rendimiento y protección en una variedad de aplicaciones (Álvarez y Alcaraz 2012).

2.2.3.2. Composición química de los aceites esenciales

La composición química del aceite varía entre familia y otra, pero se constituyen de manera principal por componentes en mayor proporción como hidrocarburos terpénicos y los minoritarios que son los responsables del aroma característico de un aceite esencial. Y se componen por diversas familias químicas como son:

Hidrocarburos Terpénicos: terpenos y terpenoides

Aldehídos: aldehído benzoico, aldehído cinámico, butanal, propanal

Ácidos: acético, palmítico

Alcoholes: linalol, geraniol, mentol

Fenoles: anetol, cugenol

Esteres: acetato de linalilo, acetato de geranilo

Cetonas: tuyonas

Otros: éteres derivados nitrogenados, sulfuros, tioéteres, tioésteres

Considerando que el aceite esencial es un producto de aroma característico se determina que es una mezcla de sustancias que se conforma por una base integrada por hidrocarburos herpéticos (Sánchez 2006).

2.2.4. Aceite esencial de Hinojo

El aceite esencial de hinojo se caracteriza por su aroma y sabor dulce anisado similares al anís verde o estrellado, este sabor se debe a la composición de su aceite esencial donde predomina una variedad como es el trans-anetol que es una molécula referente a la familia bioquímica de los esteres herpéticos, teniendo una actividad antiespasmódica que se conoce por ser un potenciador digestivo debido a las propiedades carminativas que posee, produciendo un efecto relajante a nivel intestinal (Peña 2023).

El color que presenta el aceite esencial de hinojo tiene una variación de incoloro a un amarillo pálido y esto dependerá de la variedad del hinojo que se utilice en el proceso de extracción. Como se presenta en la imagen a continuación.



Figura 3. Aceite esencial de hinojo (*Foeniculum vulgare*)

2.2.4.1. Beneficios del aceite esencial de hinojo

El aceite esencial de hinojo extraído de la planta es eficaz para el tratamiento de trastornos gastrointestinales y útil en el tratamiento de diabetes, bronquitis, tos crónica, cálculos renales y para mejorar enfermedades oculares. Entre los beneficios están:

- Antiinflamatorio
- Antiespasmódico
- Antiséptico
- Carminativo

Se debe tener en cuenta varios factores para su consumo debido a la toxicidad que puede presentarse en cada persona o a su vez tener daños en la flora intestinal, por eso el consumo recomendado es de 3 gotas máximo para cada persona y se debe tener una valoración para ver la reacción del cuerpo (Peña 2023).

2.2.4.2. Actividad antimicrobiana

El hinojo es utilizado para tratar muchas enfermedades infecciosas bacterianas, fúngicas y víricas y micobacterianas. El hinojo tiene actividad antibacteriana debido a los compuestos como el ácido linoleico, el undecanal, el 1,3 bencenodiol, el ácido oleico y el 2,4 undecadienal. El hinojo contiene 5 hidroxifuranocumarina, que desempeña un papel importante en la actividad antibacteriana de esta planta. En una extracción acuosa el hinojo muestra una actividad bactericida contra

Enterococcus faecalis, *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Salmonella typhi*, *Salmonella typhimurium* y *Shigella flexneri* (Wesam y Maryam 2014).

El efecto antimicrobiano del aceite esencial de hinojo se ha observado contra bacterias gram (-) y gram (+) y su capacidad se evaluó mediante las concentraciones mínimas de inhibición y los diámetros de la zona de inhibición. Para la evaluación de la actividad antibacteriana, se tomó la ampicilina como material de referencia. Según los hallazgos, el aceite esencial de hinojo demostró ser más eficaz antibacteriano que la ampicilina comercial estándar. El aceite esencial de hinojo fue menos eficaz que la ampicilina en los bioensayos para *P. aeruginosa* y *E. coli*, respectivamente, sin embargo, demostró ser el mejor aceite esencial para combatir bacterias Gram-positivas que proporcionaron una zona inhibitoria más amplia que la de la ampicilina en las pruebas para *B. subtilis* y *S. aureus*, respectivamente (Naaz et al. 2022).

2.2.4.3. Aceites Esenciales como conservantes naturales

La bioconservación se considera como la extensión de vida de un producto en anaquel a través de técnicas utilizadas para obtener alimentos seguros o también la generación de alimentos mínimamente procesados sin aditivos (De La Fuente Salcido y Barboza Corona 2010).

Se considera al aceite esencial de hinojo como un agente antibacteriano frente a diversas bacterias excepto contra la *Klebsiella pneumoniae* y una cepa de *Pseudomonas aeruginosa* (Wesam y Maryam 2014).

Puede ser empleado como antioxidante, antiespasmódico, diurético, antiinflamatorio, analgésico, galactagogo, están compuestos por flavonoides y fenoles que ayudan a detener la autooxidación de las grasas (Cisneros Hilario et al. 2022).

El primer paso de desarrollo fue obtener estrategias biotecnológicas aplicables a los alimentos que puedan mejorar la calidad y seguridad desde el punto de vista microbiológico y fisicoquímico, de esta forma los aceites esenciales ya están formando parte de la industria alimentaria como alternativas ante los antioxidantes y conservantes de origen sintéticos.

2.2.4.4. Métodos de extracción de aceite esencial

La extracción de aceites esenciales a partir de plantas aromáticas requiere de técnicas delicadas que no afecten la composición en el proceso que se realiza, por esto se aplican varias técnicas que se han mantenido a lo largo del tiempo por su gran eficacia (Sánchez 2006).

En la Tabla 2 se mencionan varios métodos de extracción de los aceites esenciales y el proceso que se realiza para cada uno de los métodos.

Tabla 2. Métodos de extracción de aceite esencial

Método de extracción	Técnica
Hidrodestilación	Destilación del material vegetal por medio del arrastre del aceite esencial con vapor de agua es la técnica más utilizada.
Extracción con disolventes	Los disolventes derivados del petróleo es una de las principales técnicas en la actualidad. El único problema es el empleo de disolventes tóxicos que son peligrosos o inflamables que pueden mantenerse en el producto.
Extracción con fluidos	La extracción con fluidos supercríticos es uno de los desarrollos más recientes que se adoptan en industrias nuevas. Este proceso tiene como ventaja no alterar la composición del aceite y no deja residuos.

Fuente:(Sánchez 2006)

2.2.4.5. Extracción de aceite esencial de hinojo por Arrastre de vapor

Casado (2018) menciona que el proceso de destilación por arrastre de vapor de agua es uno de los procesos más comunes para obtener aceites esenciales. Los aceites esenciales tienen un punto de ebullición superior al del agua es un proceso de separación donde se vaporizan los componentes volátiles de la materia vegetal.

Este proceso consiste en pasar el vapor de agua por medio de la materia vegetal utilizada de forma que pueda arrastrar consigo el aceite esencial que pueda contener. Estos vapores pasan por un condensador donde se enfrían y se condensan teniendo así al destilado líquido llamado hidrolato que se conforma por dos fases inmiscibles la fase acuosa y orgánica. El aceite esencial se puede separar por medio de la decantación, gracias a la diferencia de densidad existe entre ambas.

2.2.5. Aditivos alimentarios

Los aditivos alimentarios se vienen utilizando desde hace muchos años para conservar, mezclar, dar color, dar sabor a los alimentos y desempeñan un valor importante en el tiempo de vida útil de cada producto. La aplicación de aditivos ha posibilitado tener una mejor conservación de los alimentos modificar sus características sensoriales y mejorando los procesos de elaboración, sin perder las propiedades nutritivas de cada alimento y mejorando el aspecto del producto para que sea más atractivo para el consumidor (Dueñas-Ruiz et al. 2023).

El uso de estos aditivos debe ser necesarios y útiles cuando sean seguros para el consumidor, la adición debe llevar a cabo un propósito tecnológico en cualquiera de sus fases de proceso como son preparación, tratamiento, envasado, transporte y almacenamiento (Ponce y Masaquiza 2017).

En la Tabla 3 se indican las funciones que desempeñan los aditivos alimentarios y la clasificación que presentan estos.

Tabla 3. Clasificación de los aditivos alimentarios por su función.

Aditivos Alimentarios	Función
Antiaglomerantes	Evita la cohesión entre partículas, dan favor facilidad de fluido.
Antioxidantes	Impiden o retrasan el deterioro causado por la oxidación y enranciamiento.
Colorantes	Realce o refuerzo de color en los productos alimenticios, líquidos o sólidos.
Conservadores	Prolongación de la vida útil del alimento, protección del deterioro microbiano.
Estabilizantes, gelificantes, emulsionantes, espesantes	Mantiene la homogeneidad en los productos que posee dos o más fases inmiscibles.
Humectantes	Evita la pérdida de humedad
Potenciadores de Sabor	Intensifica el sabor o aroma del alimento.
Reguladores de pH	Estabiliza o regula la alcalinidad o acidez de un alimento
Secuestradores	Permite la formación de compuestos químicos con iones metálicos.

Fuente: (Mendoza y Calvo 2012)

2.2.5.1. Conservantes

Los conservantes forman parte del grupo de aditivos alimentarios y se definen como una sustancia que sin constituir un alimento ni poseer un valor nutritivo, se agrega de forma intencional en un alimentos y bebidas en cantidades mínimas que son controladas con el objetivo de modificar sus características organolépticas. El principal objeto es prevenir la proliferación y contaminación de microorganismos como bacterias hongos y levaduras (Mendoza Martínez y Calvo Carrillo 2012).

Los conservantes pueden ser ingredientes naturales o sintéticos que se añaden a productos alimenticios, productos farmacéuticos y productos de cuidado personal para prevenir el deterioro causado por el crecimiento microbiano o por cambios químicos indeseables (Ponce y Masaquiza 2017).

2.2.5.1.1. Nitritos y nitratos

Las sales nitrificantes, nitratos y nitritos son compuestos químicos inorgánicos que provienen del nitrógeno que se encuentran de forma natural en alimentos vegetales, pero también se encuentran de manera artificial adicionada en carnes y productos cárnicos, lo que ha generado un debate entre el consumo que estos nitritos porque al ingerirlos provoca un alto riesgo de generar cáncer en diferentes tejidos.

El consumir alimentos vegetales con concentraciones de nitritos naturales no conlleva un riesgo para la salud o de padecer cáncer debido al origen natural y a la facultad de los compuestos antioxidantes propios de los alimentos de origen vegetal como frutas, verduras y legumbres, que a nivel orgánico pueden seguir diferentes rutas metabólicas y ser favorables para la salud. Con ello se toma en cuenta que la fuente principal de nitrato de consumo en los seres humanos es del 85% por el consumo de verduras (Londoño Pereira y Gómez Ramírez 2021).

Por otro lado, las sales de nitritos sintéticas (nitrito de sodio E249, nitrito de potasio E250) y sales de nitrato sintéticas (nitrato de sodio E251, nitrato de potasio E252) son aditivos autorizados para la comisión europea que se utilizan en el procesamiento de alimentos como aditivos alimentarios, impidiendo el crecimiento de bacterias anaerobias esto con un nivel de uso regulado que sea seguro para el consumidor. Pero se sabe que la mayoría de los compuestos del grupo nitrosaminas tiene un potencial cancerígeno debido a que pueden transformarse en nitrosaminas carcinógenas, así como también la toxicidad aguda de los nitritos por formación de metahemoglobinemia que se manifiesta como cianosis (Inhibe la capacidad de unión del oxígeno a los eritrocitos), debido al alto consumo de nitritos agregados en alimentos procesados (Villamil Galindo y Piagentini 2021).

A continuación, se presenta en la Tabla 4 los conservantes inorgánicos más utilizados en la industria alimentaria además de la dosis recomendada de uso en su procesamiento.

Tabla 4. Conservantes inorgánicos usados en la industria de alimentos.

Conservantes Inorgánicos	Dosis diaria admisible (Peso corporal)	Efectos Secundarios
Nitritos y nitratos	0,06 mg/Kg nitritos 3,7 mg/Kg nitratos	El nitrito se une a la hemoglobina e impide el transporte del oxígeno
Sulfitos	200 a 500 ppm	No tóxicos

Fuente:(Mendoza y Calvo Carrillo 2012)

2.2.5.2. Acción antimicrobiana

El nitrato y el nitrito son muy importantes en la carne y en productos cárnicos ya que han presentado actividad bactericida y bacteriostática en función de las concentraciones empleadas, teniendo acción importante sobre bacterias alternantes, así como sobre los microorganismos patógenos. El mecanismo por el cual actúan estos nitritos contra las células vegetativas de los patógenos se debe a la formación de un complejo entre los nitritos y las metalo-enzimas hierro-azufre de la bacteria, que se consideran vitales en el metabolismo de energía y la síntesis de ADN. La oximioglobina puede ser oxidada producto de la catálisis ácida, produciendo radicales O₂ entre ellos los peroxinitritos, que pueden afectar el ADN de la célula bacteriana e inhibir su crecimiento (Villamil Galindo y Piagentini 2021).

Los nitratos no tienen un efecto directo sobre las bacterias, pero estas se presentan luego de la metabolización de los microorganismos catalasa positivos que lo reducen a nitritos como se menciona anteriormente, este compuesto funciona de reserva sin embargo esta concentración tiene una variación constante de controlar posteriormente (Villamil Galindo y Piagentini 2021).

Conservantes Orgánicos

En la Tabla 5 se presentan los conservantes orgánicos más utilizados en la industria alimentaria, además de la dosis recomendada de uso en su procesamiento.

Tabla 5. Conservantes orgánicos usados en la industria alimentaria.

Preservantes orgánicos	Dosis Diaria admisible	Efectos secundarios por exceso de IDA
Benzoatos (Agente antimicrobiano pH 2.5 a 4.0)	5mg/ kg	Diarrea, hemorragia interna, inflamación del hígado y riñón.
Sorbatos	25mg/kg	En concentraciones altas provoca hipersensibilidad, hipertrofia renal y hepática
p-Hidroxibenzoico	No especificado	Puede ser cancerígeno

Fuente: (Mendoza y Calvo Carrillo 2012)

2.2.6. Carne

2.2.6.1. Definición

La carne se define como tejido muscular de origen animal, principalmente de animales bovinos, porcinos, ovinos y aves. El tejido muscular de la carne puede incluir tejidos conectivos, grasas y en algunos casos huesos y vísceras, tras su sacrificio en fase posterior (post-rigor) son declarados aptos para el consumo humano (Villa 2013).

2.2.6.2. Composición química de la carne de res

La carne de res es un alimento ampliamente consumido a nivel mundial, ya que su valor nutritivo y propiedades son apreciados por su debida composición. Su composición química puede alterar según sus factores como la raza, edad, alimentación, sexo y condiciones de faenado. No obstante, la carne de res está constituida por valores próximos a 50-70% agua, 15-20% proteínas, 15-30% grasa, 0.05-0.2% hidratos de carbono (Villa 2013).

2.2.6.3. Valor nutritivo de la carne

El valor nutritivo se determina por tener un valor alto biológico, debido a que está constituida por el 40% de aminoácidos esenciales ya que son de gran calidad en la dieta de los humanos Tiene un gran porcentaje de agua que va desde los 65-80% de proteína que va 16-22% y de grasa de 1-15%. Estos elementos asociados dependen de algunos factores como es: la raza del animal, su alimentación, la edad de sacrificio entre otros (Quinatoa y Tates 2024).

2.2.6.4. Cortes de Res

Los cortes de la carne de res es un proceso el cual se separan las distintas piezas anatómicas en función a su ubicación, características estructurales, su contenido de grasa, los cortes de res se clasifican en:

Cortes delanteros: Estos se obtienen de la parte anterior de la canal y suelen ser de menor porcentaje debido a que su mayor contenido es en el tejido conectivo, son exquisitos en sabor y son predestinados para guisados, estofados como es el brazuelo, paleta, pecho entre otras variedades.

Cortes traseros: Proceden de la parte posterior de la res y se definen por ser más tiernos, con un menor porcentaje de colágeno, son ideales para preparaciones a la parrilla, como es la cadera, lomo fino, entre otros.

Cortes especiales: Son aquellos cortes ya que su ubicación o características tienen un uso determinado como viseras y subproductos como lengua, corazón, hígado (Tapia 2022).

2.2.7. Derivados cárnicos

Se conocen a los derivados o productos cárnicos como alimentos que se elaboran a partir de carne de animales de diferentes especies ya sea res, ovinos, porcinos, aves, etc. Estos derivados han pasado por un procesamiento en el que se incluyen condimentos, aditivos y especias, logrando mejorar las características como son sabor, textura, apariencia y vida útil. Entre los ejemplos de derivados cárnicos están:

- Cárnicos crudos o curados
- Cárnicos tratados por calor
- Cárnicos frescos

2.7.1.1. Hamburguesas

La hamburguesa es un producto hecho a base de carne ya sea de vacuno, pollo, cerdo y soya en el caso de hamburguesas vegetarianas o veganas. Este alimento que debe tener un porcentaje máximo del 20% de grasa, con un agregado de sal, resaltados de sabor y aditivos autorizados. Además de mantener congelado o exponer el producto cárnico a temperaturas inferiores a los -18°C es una de las formas más efectivas de conservación de la carne (Carguacundo 2010).

Las hamburguesas es uno de los alimentos más conocidos por los consumidores de todo el mundo y es una alternativa más fácil para la preparación de comidas rápidas o almuerzos.

2.7.1.2. Composición química de la hamburguesa de res en 100 gramos

En la Tabla 6 podemos identificar la composición química de una hamburguesa de res considerándose los valores de forma descendiente desde el mayor contenido al menor.

Tabla 6. Composición química de la hamburguesa en 100 g

Componentes	Hamburguesa cruda
Agua (g)	53.3
Proteínas (g)	15.2
Grasa (g)	20.5
Carbohidratos (g)	5.3
Sodio (mg)	600
Potasio (mg)	270
Calcio (mg)	23
Magnesio (mg)	17
Fósforo (mg)	190
Hierro (mg)	2.5
Cobre (mg)	0.25
Zinc (mg)	3.2
Azufre (mg)	3.2
Cloro (mg)	800
Vitamina (µg)	Trazas
Tiamina (mg)	0.04
Ácido fólico (µg)	1
Biotina (µg)	1

Fuente: (García 1986)

2.7.1.3. Valor nutricional de la hamburguesa

La hamburguesa de carne de res es un producto ampliamente consumido, debido a sus características sensoriales y su aporte nutricional se conoce que la hamburguesa es una fuente de proteína ya que depende de la cantidad de carne que forme su composición, además tiene un valor alto en potasio, magnesio, fosforo, cobre entre otros, su rica fuente en grasa contribuye vitaminas liposolubles (A, D, E y K), e indispensable vitamina B12 ya que aporta al ser humano con su formulación de glóbulos rojos y funcionamiento neurológico (Raimondo et al. 2020).

2.7.1.4. Elaboración de la hamburguesa

El proceso de elaboración de hamburguesas de res se conforma por la carne picada o molida. Esta hamburguesa de manera simple se constituye por dos macronutrientes grasa y proteínas, el aporte de hidratos de carbono es mínimo y sólo se aprecia en estos productos cuando adicional algún tipo de fibra o alga como espesante de la mezcla, es de uso más bien tecnológico. Además de contener una serie de macronutrientes (Aguilera 2018).

2.7.1.5. Ingredientes de la hamburguesa y sus funciones

Carne de Res: La carne de res es uno de los ingredientes principales de las hamburguesas. El Codex Alimentarius define a la carne como todas las partes de un animal que han sido dictaminadas como inocuas y aptas para el consumo.

Grasa: Es una fuente de vitamina D y vitamina B12 si se consume de manera moderada. La aplicación en las hamburguesas de res aporta jugosidad, indispensable para una correcta emulsión, es una fuente de energía y es indispensable para el transporte de vitaminas solubles en la grasa (Ospina et al. 2011).

Sal: La sal se considera un ingrediente, aditivo y condimento presente en nuestra alimentación, en la preparación de comida, pero también es utilizada en el procesamiento en la industria de alimentos. Cumple con varios parámetros como son: resaltar el sabor, mejora su textura en alimentos preparados, preservación, además de proporcionar cloro, sodio a nuestro cuerpo, y nutrientes que ayudan a conservar el equilibrio del agua y la presión osmótica en las células (Godoy y Restrepo 2022).

Ajo: Es una fuente de nutrientes como proteínas, yodo, fósforo, potasio, vitamina B6 y compuestos sulfurados. Su aplicación en el área culinaria es importante porque realza el sabor y el aroma, además de ser un antioxidante y antimicrobiano en los alimentos (Peiro Saz y Tejero 2020).

Glutamato monosódico: Es un agente saborizante usado para aportar sabor umami en los alimentos. Esta sal sódica proviene del aminoácido L-glutamato encargado de producir el sabor umami que se describe como un sabor independiente de los sabores básicos dulce, salado, amargo y ácido (Aza y Restrepo 2012).

Pimienta negra: Es una fuente que aporta y realza el aroma y actúa como un potenciador de sabor, no solo añade un toque de picante, sino que complementa y eleva otros sabores presentes en la hamburguesa. Conjuntamente, la pimienta puede reducir el efecto antimicrobiano y la peroxidación lipídica de la carne durante la cocción (Díaz y García 2016).

Comino en polvo: El comino cumple funciones sensoriales y mejora la calidad organoléptica y contribuye parcialmente en la producción de hamburguesas de res. Es un aroma distintivo, cálido y ligeramente terroso, confiere un aroma levemente amargo, este condimento contiene compuestos fenólicos que ayudan a retardar a la oxidación lipídica (Ramírez 2021).

Nuez Moscada: Su incorporación a la carne aporta y mejora al producto dando beneficios funcionales que favorece la estabilidad y calidad del alimento. Este condimento favorece un sabor cálido, dulce y sutilmente picante que perfecciona el perfil olfativo, contiene compuestos bioactivos como miristicina, elemicina que contribuyen a retardar la oxidación de los lípidos presente en la carne (Torres 2022).

Cebolla en polvo: Es un ingrediente considerablemente empleado en la industria cárnica debido a su capacidad para mejorar su perfil funcional de productos procesados, contribuye un aroma suave, contiene un sabor delicadamente dulce, es rico en azúcares naturales y compuestos sulfurados que favorecen a la retención de humedad durante la cocción. Contiene compuestos fenólicos y flavonoides debido a que ayuda a la oxidación de lípidos presentes en la carne (Grados y Tamayo 2022).

2.2.8. Parámetros bromatológicas

Los parámetros bromatológicos componen una serie de determinación fisicoquímicas que consienten en establecer la composición y calidad nutricional de los alimentos. Estos análisis son esenciales en el control de calidad, debido a que proporcionan información precisa de los componentes fundamentales de un producto alimenticio, como proteínas, grasas, humedad, ceniza, carbohidratos, fibra y contenido energético, y a la vez estos componentes contribuyen a evaluar la estabilidad y vida útil del alimento (Cordero 2024).

2.2.9. Características microbiológicas

Las características microbiológicas de los alimentos se refieren a la presencia, cantidad y tipo de microorganismo que se obtienen al encontrarse en los productos alimenticios. Los análisis microbiológicos que se realizan en las carnes de hamburguesas se puntualizan en el siguiente listado (Andino Rugama 2010).

Aerobios mesófilos: Este grupo se compone por bacterias, mohos y levaduras. El recuento de estas bacterias mesófilas es uno de los análisis microbiológicos más utilizados. Este análisis permite cuantificar el número total de microorganismo capaces de desarrollarse en presencia de oxígeno a temperaturas entre 30°C Y 37°C. Todas las bacterias patogénicas de origen alimenticio son mesófilas (Espino 2018).

Salmonella: Son bacilos cortos, gram negativos, aerobios que no producen pigmentos sobre los medios de cultivos, la mayoría fermenta la glucosa y otros azúcares sencillos con la producción de ácido y gas. La detección de la bacteria Salmonella es primordial, ya que si existe presencia en cualquier tipo de alimento consigue ocasionar enfermedades transmitidas por los alimentos. Este análisis se realiza para certificar la seguridad del producto e impedir brotes de intoxicación (Andino Rugama 2010).

Staphylococcus aureus: Pertenece a la familia Micrococaceae, es de gran interés debido a que algunas cepas son capaces de producir toxinas termoestables provocando enfermedades graves. Es una bacteria grampositiva, anaerobia facultativa, considerada uno de los primordiales patógeno de enfermedades de transmisión alimentaria. Algunas cepas son capaces de producir una proteína que es una toxina (enterotoxina) resistente a la temperatura que afecta a los humanos (*staphyloenterotoxemia*). La presencia de esta bacteria en animales tiene como consecuencia la contaminación de los alimentos como la carne y derivados, huevos, ensaladas, leche (Cordero 2021).

Escherichia coli: Son bacilos cortos, gram negativos. Pertenece a las Enterobacteriaceas lactosapósitivas, se encuentra en el tracto intestinal del hombre y de los animales de sangre caliente, produce gas a una temperatura de 44 a 44,5°C \pm 0,2 Es un patógeno transmitido por alimentos, es muy común que pueda estar presente en derivados cárnicos principalmente en la carne picada la contaminación de un alimento con esta bacteria implica el riesgo de que puedan encontrarse en el mismo, patógenos entéricos que constituyan un riesgo para la salud. Sin embargo, la ausencia de E. coli no asegura la ausencia de patógenos entéricos. Es importante detectar para prevenir enfermedades graves como síndrome urémico hemolítico entre otros (Andino Rugama 2010).

2.2.10. Características sensoriales de los alimentos

Se conoce a los atributos percibidos por los sentidos humanos (vista, olfato, gusto, tacto y oído) al consumir o manipular un alimento.

Apariencia (Vista): Es la primera percepción sensorial que se tiene de un alimento, influye su aceptación incluye color, brillo, forma entre otras.

Olor: Percepción que se obtiene por vía nasal determinando si el alimento está agradable o desagradable.

Gusto: Percepción combinada de las sensaciones gustativas básicas que son dulce, salado, ácido, amargo, Umami (saboroso).

Tacto y oído: Sensaciones que producen en alimento en la boca, lengua y comprende la consistencia, jugosidad, crocancia, viscosidad (Domínguez 2014).

2.2.11. Tiempo de vida de útil de los alimentos

El tiempo de vida útil de un alimento corresponde al periodo durante el cual mantiene sus atributos microbiológicos, fisicoquímicos y sensoriales dentro de términos aceptables para su consumo, sin poner en riesgo la salud del consumidor. Este parámetro depende de varios factores como la composición del alimento, condiciones de almacenamiento, tratamiento y tipo de envase.

Para su determinación, se emplean ensayos microbiológicos que permiten establecer el crecimiento de microorganismos indicadores de deterioro y patógenos, así como análisis fisicoquímicos que evalúan cambios en parámetros como pH, humedad, acidez titulable y textura. Complementariamente, se realizan pruebas sensoriales para identificar variaciones perceptibles al consumidor. La adecuada determinación del tiempo de vida útil permite garantizar la inocuidad y calidad del producto durante su comercialización (Carillo y Reyes 2013).

2.2.12. Pruebas para la determinación la vida útil

Carillo y Reyes (2013) indica que, para establecer este parámetro, es necesario realizar una serie de ensayos específicas que permitan evaluar la estabilidad del alimento bajo condiciones de almacenamiento controladas.

A continuación, se describen las principales pruebas que se emplean para determinar la vida útil de los alimentos:

Pruebas microbiológicas

Estas pruebas aprueban el crecimiento de microorganismos indicadores de calidad e inocuidad alimentaria. Se evalúa la carga microbiana total y la presencia de microorganismos patógenos o alterantes, con el fin de asegurar que el alimento se

mantenga dentro de los rangos microbiológicos permitidos durante el periodo de almacenamiento.

Pruebas fisicoquímicas

Las pruebas fisicoquímicas permiten identificar cambios en las propiedades químicas y físicas del alimento a lo largo de su almacenamiento. Dichas alteraciones pueden afectar la calidad y estabilidad del producto.

Pruebas sensoriales

Las evaluaciones sensoriales consisten en la valoración de las características organolépticas del alimento a lo largo del tiempo, utilizando paneles de catadores no entrenados.

Pruebas complementarias

Adicionalmente, se pueden realizar pruebas de almacenamiento acelerado, las cuales consisten en someter el alimento a condiciones de temperatura, humedad o luz, con el objetivo de predecir su comportamiento y estabilidad en menor tiempo. También se aplican estudios de vida útil en tiempo real, donde se almacena el alimento bajo condiciones normales y se realizan análisis periódicos hasta detectar su deterioro (Carillo y Reyes 2013).

III. METODOLOGÍA

3.1. ENFOQUE METODOLÓGICO

3.1.1. Enfoque

El enfoque metodológico de esta investigación es mixto, es decir un conjunto de recolección de datos cuali-cuantitativos, porque se determinó las concentraciones de aceite esencial de hinojo, y sales nitrificantes que se utilizó en la elaboración de las hamburguesas de res. Además, el análisis fisicoquímico del producto como proteína, grasa, humedad, pH, tiempo de vida útil y un recuento microbiológico, permite probar la hipótesis con base a la medición numérica y análisis estadístico propio de un enfoque cuantitativo e incluye una evaluación sensorial del producto, con una escala hedónica de 5 puntos que proporcionó la información requerida para el análisis estadístico obteniendo información de carácter cualitativo.

3.1.2. Tipo de Investigación

Este trabajo de investigación es experimental a través del análisis e investigación en los laboratorios de la Universidad Politécnica Estatal del Carchi. Se va a realizar un análisis de laboratorio en el cual se busca determinar parámetros fisicoquímicos, microbiológicos y sensoriales, adulterando de manera intencional las concentraciones de aceite esencial de hinojo en las hamburguesas de res, para determinar la efectividad que tiene la conservación del producto cárnico con aceites esenciales como sustituto parcial de sales de nitrito que son conservantes sintéticos en productos cárnicos.

3.2. DEFINICIÓN Y OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES

3.2.1. Definición de variables

Variable Dependiente

Calidad de las hamburguesas de Res:

- Físicoquímicos: proteína, grasa, ceniza, humedad, pH y acidez.
- Sensorial: color, olor, sabor, textura y jugosidad.
- Tiempo de vida útil: 5, 10, 15, 20, 25 días.
- Parámetros microbiológicos: *Staphylococcus aureus*, *Salmonella sp*, *Escherichia coli*, aerobios mesófilos.

Variable Independiente

- Porcentaje de aceite esencial de Hinojo: 0 %, 0,040 %, 0,080 %, 0,012 %
- Porcentaje de sales de nitrito: 0,000 %; 0,004 %; 0,002 %; 0,001 %
- Porcentaje de cloruro de sodio (Sal): 1,8 %, 1,756%, 1,718 % 1,679%

3.2.2. Hipótesis

3.2.2.1. Hipótesis Alternativa

- La concentración de aceite esencial de hinojo como sustituto parcial de las sales de nitrito influye en las características físicoquímicas, microbiológicas, sensoriales y vida útil de la hamburguesa de Res.

3.2.2.2. Hipótesis nula

- La concentración de aceite esencial de hinojo como sustituto parcial de las sales de nitrito no influye en las características físicoquímicas, microbiológicas, sensoriales y vida útil de la hamburguesa de Res.

3.2.3. Operacionalización de las variables

A continuación, se detalla en la Tabla 7 la operacionalización de variables utilizadas.

Tabla 7. Tabla de operacionalización de variables

Variables	Dimensión	Indicadores	Técnica	Instrumentos
Independiente				
Concentración de Aceite esencial, cloruro de sodio, sales de nitrito		T1: 0.00 g de aceite esencial de hinojo + 0.00 g sales de nitrito + 9,00 g de sal	Tapia y Quintan (2022)	Tesis: Conservación de hamburguesa de res con aceite esencial de orégano (organum vulgare)
	Porcentaje de aceite esencial de hinojo	T2: 0,20 g de aceite esencial de hinojo + 0.019 g sales de nitrito + 8,781 g de sal		
	Porcentaje de cloruro de sodio	T3: 0.40 g de aceite esencial de hinojo + 0.009 g sales de nitrito + 8,591 g de sal	Hassan et al. (2017)	
	Porcentaje de sales de nitrito	T4: 0,60 g de aceite esencial de hinojo + 0.005g sales de nitrito + 8,395 g de sal		
Dependiente: Calidad de la hamburguesa de Res				
Calidad Fisicoquímica	pH	5,4-6,2	Potenciometría	Norma INEN-783
	Acidez	0,3-0,7	Volumetría	Norma INEN-1529
	Porcentaje de grasa	20 %	Soxhlet	NTE INEN 778
	Porcentaje de proteína	14 %	Kjeldahl	NTE INEN-519
	Porcentaje de humedad	75 %	Estufa	NTE INEN 777
	Porcentaje de cenizas	5 %	Mufla o calcinación	NTE INEN 786

Variables	Dimensión	Indicadores	Técnica	Instrumentos
Calidad Sensorial	Evaluación Sensorial	Color Olor Sabor Textura Jugosidad	Prueba Hedónica de 5 Puntos	Hoja de catación
Dependiente: Tiempo de vida Útil de 5, 10, 15, 20, 25, días.				
Análisis Físicoquímico	pH	5,6-6,2	Potenciometría	Norma INEN-783
	Aerobios Mesófilos	$1,0 \times 10^6$ ufc/g	Ensayo Petri film para aerobios mesófilos	AOAC método oficial 990.12
Análisis Microbiológico	<i>Staphylococcus aureus</i>	$1,0 \times 10^3$ ufc/g	Ensayo Petri film para- <i>Staphylococcus aureus</i>	AOAC método oficial 203.11
	<i>Escherichia -coli</i>	$1,0 \times 10^1$ ufc/g	Ensayo Petri film para <i>Escherichia-coli</i>	AOAC método oficial 991.14
	<i>Salmonella</i> 25 g	Ausencia	Ensayo para determinación de <i>Salmonella</i>	NTE INEN 1529-15

3.4. MÉTODOS UTILIZADOS

3.4.1. Extracción de aceite esencial

3.4.1.1. Descripción del proceso de extracción de aceite esencial de hinojo

Recepción de materia prima: Las plantas de hinojo fueron adquiridas en la empresa “Linda Organic100 %” ubicada en la ciudad de Otavalo, y enviadas mediante transporte terrestre hasta los laboratorios de la Universidad Politécnica Estatal del Carchi, ubicados en la ciudad de Tulcán, Carchi, Ecuador.

Clasificación: Recetadas las plantas de hinojo se colocaron sobre el mesón del laboratorio 201 se inició una inspección visual primaria con la finalidad de quitar partes afectadas de la planta, marchitas, insectos y plantas ajenas al hinojo.

Lavado: Se procedió a lavar todas las plantas con abundante agua potable para eliminar la mayor cantidad de impurezas, tierra, polvo, u otras partículas extrañas. Después se procedió a colocarlas en un cernidor grande por un tiempo de 40 minutos para eliminar el exceso de agua una vez escurridas se colocan en una bandeja.

Cortado: Previo al ingreso de la materia prima al equipo de extracción se realizó cortes en los tallos de un tamaño aproximado de 30cm, para ello se utilizó un cuchillo afilado de acero.

Pesado: Se pesó 19 kg de materia prima en una balanza industrial marca Camry de 50 kg de capacidad, se anotó los valores para calcular el rendimiento del aceite esencial hinojo.

Extracción por arrastre de vapor: En el equipo de extracción por arrastre de vapor marca Dibosh (capacidad de 10 litros) se ingresó 2 kilogramos de hinojo y 4 litros de agua (relación 2:1), con la finalidad de evitar la sobrecarga en el equipo y garantizar la extracción de aceite.

Se montó el equipo de extracción y se verificó que el termómetro este encendido y funcionando correctamente al igual que los demás elementos que lo componen. Se procedió a utilizar la cocina industrial previamente conectada a un tanque de gas de uso doméstico, se inició la ebullición del agua y el vapor generado extrae los aceites esenciales presentes en la materia vegetal. Cuando inició la ebullición

empezó a salir el hidrolato por el condensador que estuvo conectado a un sistema de agua de flujo constante durante todo el proceso de extracción para que se pueda enfriar el hidrolato que se recolectó en probetas de 1000 mL. Todo este proceso se mantuvo constante durante una hora en cada turno de extracción. Cuando finalizó toda la extracción de la materia vegetal se obtuvo 6 litros de hidrolato de 19 Kg de materia vegetal.

El hidrolato se mantuvo en reposo durante 3 días para separar las dos fases líquidas, la fase menos densa corresponde al aceite esencial de hinojo.

Decantación: Transcurrido el tiempo de reposo del hidrolato, se procedió a separar la mezcla con ayuda de una pera de decantación, un trípode de laboratorio y un vaso de precipitación de 100 mL. La decantación se realizó por diferencia de densidad el agua que se considera un líquido más denso se quedó al fondo y el aceite esencial extraído es menos denso se mantuvo arriba. Se liberó el agua de la pera de decantación hasta llegar al aceite esencial que se recolectó en vaso de precipitación.

Almacenado: El producto se almacenó en frascos de vidrio color ámbar para evitar la oxidación del aceite esencial, se mantuvo a una temperatura ambiente evitando la presencia de rayos solares.

3.4.1.2. Rendimiento del aceite esencial de hinojo

El aceite esencial de hinojo (*Foeniculum vulgare Mill.*) que se obtuvo por el método de extracción de arrastre de vapor a una temperatura constante de 86°C, se almacenó a temperatura ambiente en frascos color ámbar para evitar la luz solar.

De acuerdo con Aguilar Serna (2019) el porcentaje de rendimiento de aceite esencial se obtiene del peso total de la muestra vegetal utilizada (fresca) y del peso del aceite esencial obtenido de la extracción en gramos. Se expresa en la siguiente formulación.

$$\%P = \frac{\text{Peso del aceite esencial (g)}}{\text{Peso de la muestra (g)}} \times 100$$

$$\%P = \frac{23,4 \text{ g}}{19000 \text{ g}} \times 100$$

$$\%P = 0,12\%$$

3.4.1.3. Diagrama de flujo de extracción de aceite esencial

A continuación, se detalla en la figura 4 el diagrama de flujo del proceso de extracción de aceite esencial de hinojo (*Foeniculum vulgare Mill.*).

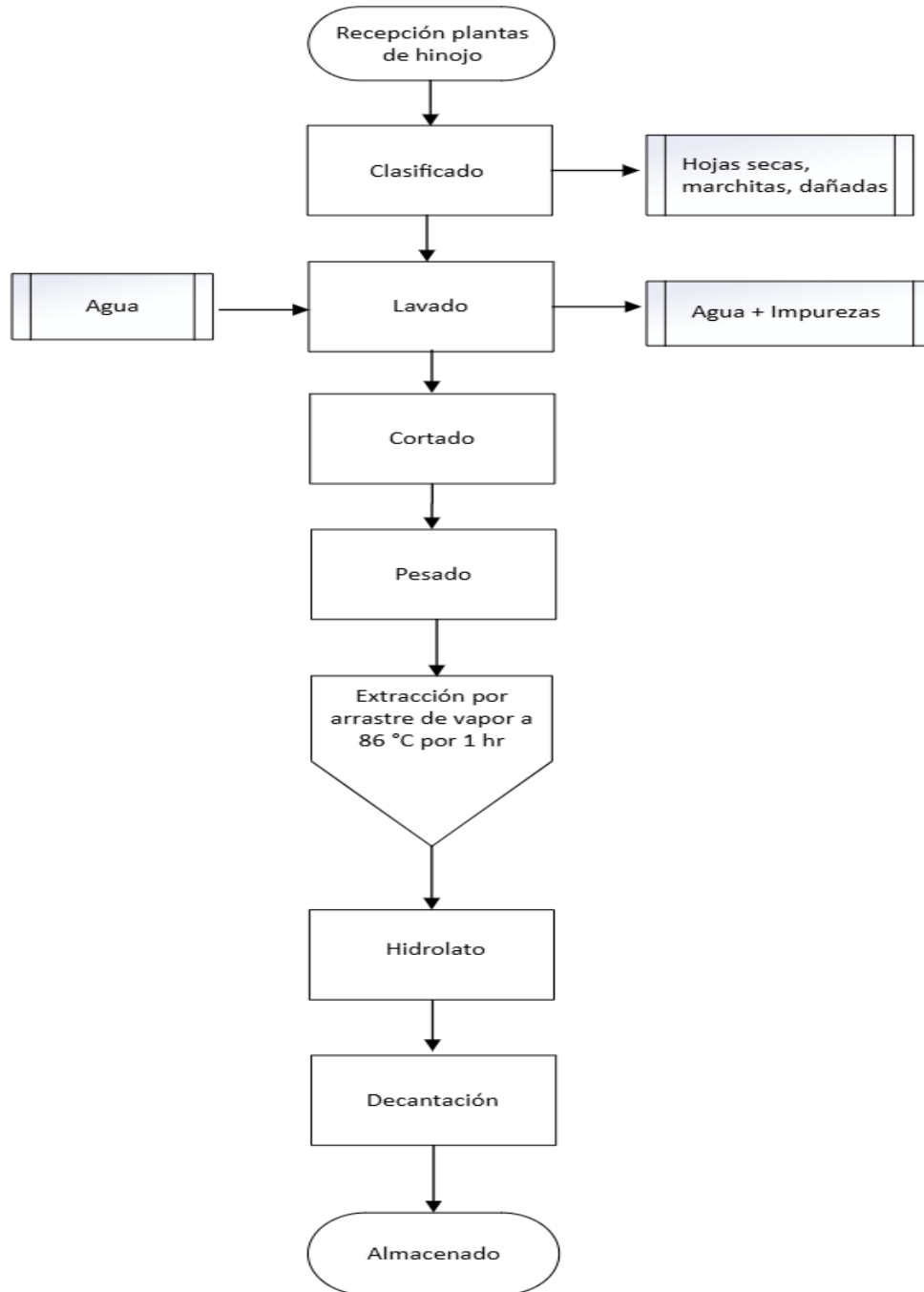


Figura 4. Diagrama de Flujo de la Extracción de aceite Esencial de Hinojo

3.4.2. Elaboración de Hamburguesas de Res con aceite esencial de hinojo (*Foeniculum vulgare Mill.*)

3.4.2.1. Formulación de Hamburguesas de Res

En la Tabla 8 se identifica la formulación correspondiente a los cuatro tratamientos de la elaboración de hamburguesas de res con diferente concentración de aceite esencial y sales de nitrito.

Tabla 8. Formulaciones de las hamburguesas de res con aceite esencial

Tratamientos	Tratamiento 1	Tratamiento 2	Tratamiento 3	Tratamiento 4
Ingredientes	Porcentaje %	Porcentaje %	Porcentaje %	Porcentaje %
Carne de Res	82,000	82,000	82,000	82,000
Grasa de Cerdo	15,000	15,000	15,000	15,000
Ajo en polvo	0,200	0,200	0,200	0,200
Glutamato monosódico	0,100	0,100	0,100	0,100
Pimienta negra	0,100	0,100	0,100	0,100
Comino en polvo	0,400	0,400	0,400	0,400
Cebolla en polvo	0,200	0,200	0,200	0,200
Nuez moscada	0,200	0,200	0,200	0,200
*Aceite Esencial de Hinojo	0,000	0,040	0,080	0,120
*Sal	1,800	1,756	1,718	1,679
*Sales de nitrito	0,000	0,004	0,002	0,001
Total	100,000	100,000	100,000	100,000

Nota: * insumos que varían de acuerdo con el tratamiento

Fuente: (López 2018)

3.4.2.2. Descripción del proceso de elaboración de hamburguesas de res

Recepción de Materia prima: La carne, grasa y especias fueron adquiridas en la cadena de supermercados ecuatoriana "Supermaxi" de la ciudad de Tulcán, Carchi, Ecuador. Las sales nitrificantes que se utilizaron fueron obtenidas en el minimarket "La Española" de la ciudad de Ipiales, Nariño, Colombia. La cantidad que se procesó fueron 2 kilogramos de lomo fino de res, 1 kilogramo de grasa de cerdo, especias en polvo (pimienta, cebolla, ajo, nuez moscada, comino) sal, glutamato monosódico, sal nitrificante, se verificó que estos insumos cuenten con notificación sanitario, fecha de elaboración, fecha de caducidad, lo cual permite garantizar la inocuidad de estos.

Transporte y refrigeración: Se realizó el transporte de la materia prima (carne, grasa) en un cooler de plastex con acumuladores de frío a una temperatura de 4 °C que garantizó la cadena de frío adecuada hasta la planta piloto de procesamiento de productos cárnicos ubicada en el centro experimental "San Francisco" de la

Universidad Politécnica Estatal del Carchi sector Huaca, Carchi, Ecuador. La materia prima se almacenó en los equipos de refrigeración para su posterior uso.

Lavado y desinfección de equipos y utensilios: Se realizó una limpieza con agua y jabón, y una desinfección con una solución de hipoclorito de sodio a 200 ppm de concentración, y se aplicó en todos los equipos, utensilios y el área de trabajo.

Pesado: Se pesó la carne de res y la grasa en una balanza marca Camry de 20 kg de capacidad, las especias y sales de nitrito se pesaron en una balanza analítica marca Citizen con capacidad de 300 g.

Troceado: Se realizó el troceado para reducir el tamaño del lomo fino de res y de la grasa de cerdo con ayuda de un cuchillo y tablas de picar, con la finalidad de facilitar la molienda de la materia prima.

Molido: En un molino se realizó con ayuda de un disco de 6mm se molió la carne y la grasa, el calibre detallado permitió obtener una textura firme y de grosor medio de las hamburguesas de res.

Mezclado: En una bandeja de acero inoxidable se agregó carne molida, grasa y especias secas y se masajeo por 10 minutos hasta lograr una masa homogénea y textura firme de la hamburguesa, la mezcla obtenida se dividió en 4 porciones de 500 g de carne cada una, las cuales fueron depositadas en Bowls.

Preparación de los tratamientos: En cada bowl se agregó el aceite esencial de hinojo, sal y sales de nitrito de acuerdo con formulaciones detalladas en la Tabla N°8 obteniéndose 4 tratamientos.

Pesado y Moldeado: En una balanza gramera marca Camry se pesó las 100 g de hamburguesas y se colocó en un molde de acero inoxidable con un diámetro de 10 cm por 1,5 cm de alto para mantener una forma homogénea en todas las hamburguesas elaboradas.

Empacado: Las hamburguesas se empacaron y sellaron al vacío en bolsas de polietileno (PE) de alta densidad y se rotularon con la fecha de elaboración y el número de tratamiento al que pertenece.

Almacenado: Las hamburguesas preparadas se conservaron en refrigeración a 4 °C, asegurando la estabilidad en todos los tratamientos hasta su posterior análisis en los laboratorios de la Universidad Politécnica Estatal del Carchi.

3.4.2.3. Diagrama de flujo elaboración de hamburguesas de Res con aceite esencial

A continuación, se detalla en la figura 5 el diagrama de flujo del proceso de elaboración de la de hamburguesas de Res con aceite esencial de hinojo.

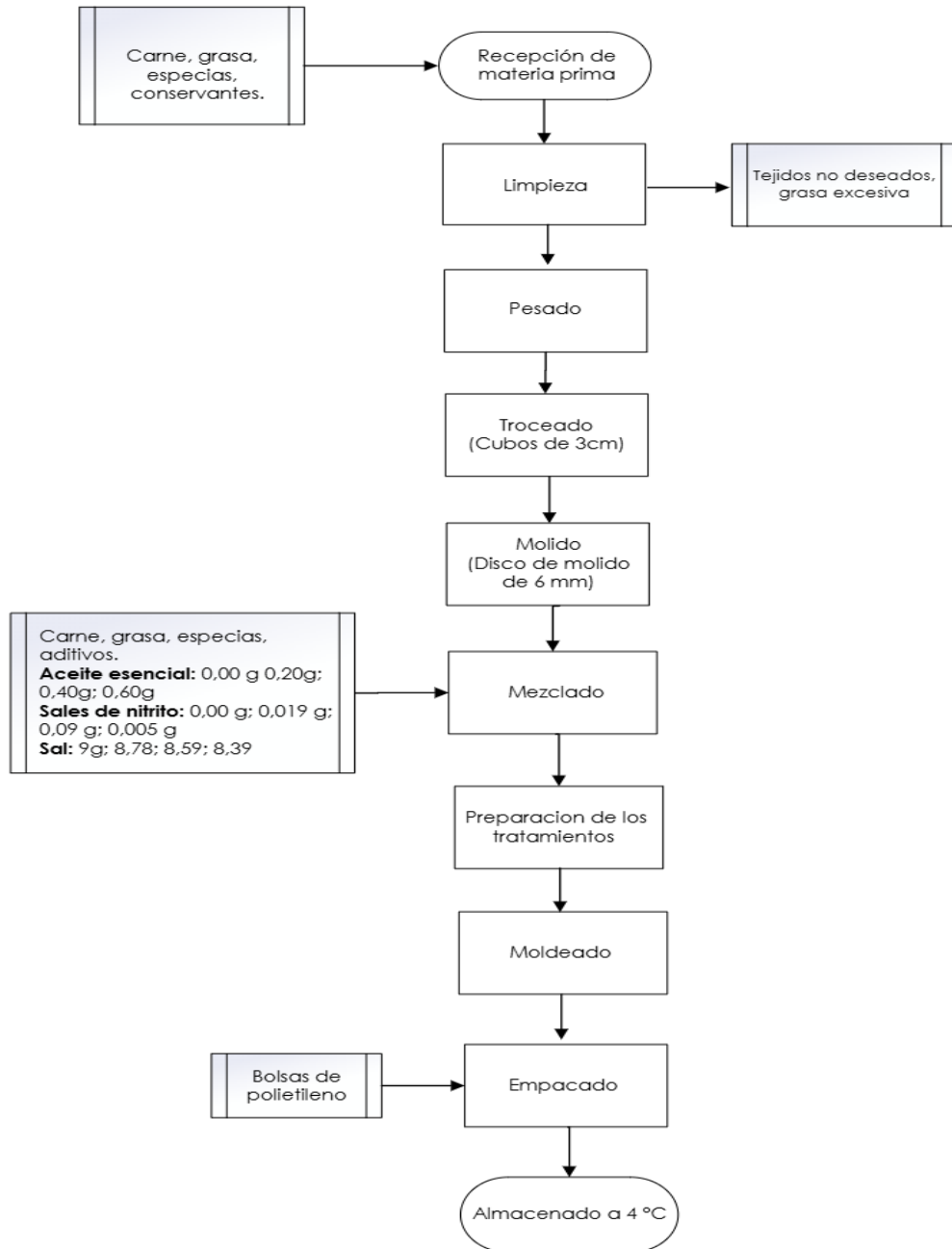


Figura 5. Diagrama de flujo de la elaboración de la hamburguesa de Res

3.4.3. Parámetros Fisicoquímicos

Para el análisis fisicoquímico de las hamburguesas de res con aceite esencial de hinojo, se utilizó una muestra de cada uno los 4 tratamientos que estaban en refrigeración.

Este proceso se realizó en los laboratorios de análisis de alimentos de la Universidad Politécnica Estatal del Carchi, en la ciudad de Tulcán, Carchi, Ecuador. Para esto se utilizó la norma técnica ecuatoriana NTE INEN 1338:2012 específica para el procesamiento de carnes y productos cárnicos. A continuación, se detallan las técnicas actualizadas en la determinación de proteínas, grasa, humedad, cenizas, acidez titulable y pH.

3.4.3.1. Determinación de Proteína

Para la determinación de proteínas en productos cárnicos se usó la técnica que se detalla en la norma NTE INEN 781 (1985), que indica la determinación de nitrógeno total. El contenido de nitrógeno se multiplica por el factor de conversión que es un valor constante de 6,25 por el volumen gastado de HCL, menos el volumen inicial este valor este resultado se divide por la cantidad en gramos de la muestra utilizada y se multiplica por la normalidad de HCL.

Para esto se aplica la siguiente formula

$$\%N = \frac{0,014 (V1 - V0)N}{m} \times 100$$

$$P = \%N \times F$$

Valores:

N: contenido de nitrógeno en porcentaje de masa.

V1: Volumen de la solución al 0.1 N de ácido clorhídrico.

V0: Volumen de la solución al 0.1 N de ácido clorhídrico gastado en el ensayo en blanco.

N: normalidad de la solución al 0.1 N de ácido clorhídrico.

m: peso de la muestra en gramos.

F: factor de conversión 6.25.

3.4.3.2. Grasas

Para determinar la cantidad de grasa presente en las muestras de hamburguesas de res se utilizó el método de Soxhlet, la muestra debe estar previamente seca y molida para mejorar la extracción de grasa. Para el proceso se utilizó el hexano como disolvente, y su aplicación fue de 60 mL en cada uno de los tratamientos que tenían un peso de 3 g. El proceso tardó 3 horas tal como lo indica la tabla de disolventes que se utilizan para los diferentes tipos de muestras.

En este proceso de extracción de lípidos, el disolvente utilizado se evapora y sube hacia el condensador, donde se condensa de forma líquida, después este condensado cae sobre el recipiente que contiene un cartucho poroso (dedales) que contiene la muestra de carne en un papel filtro en su interior, después asciende el nivel del solvente hasta cubrir el cartucho hasta cierto punto donde se produce el reflujo que vuelve el solvente con el material extraído. Todo este proceso se repite hasta que la muestra quede agotada y la extracción que se produce se va almacenando en el balón del solvente. Después se evapora el disolvente por calentamiento para que finalmente quede la grasa extraída en los recipientes (casos), que deben enfriarse para después pasar a un desecador y posteriormente pesar las muestras y realizar los cálculos correspondientes (Urbina 2017).

Para esto se aplica la siguiente formula:

$$\%G = \frac{(B - C)}{A} \times 100$$

Donde:

A: Peso de la muestra en gramos.

B: Peso del recipiente con la grasa en gramos.

C: Peso del recipiente tarado en gramos.

3.4.3.3. Humedad

Para determinar la humedad presente en las hamburguesas de res se utilizó la norma NTE INTEN ISO 1442 (2013) como referencia. Para ello, se emplearon crisoles de porcelana previamente lavados, secos y esterilizados en una estufa a una temperatura de 110°C durante una hora, y posteriormente enfriados en un desecador. En cada crisol, correctamente identificado, se colocaron 10 g de muestra

asegurándonos de tener datos del peso del crisol vacío y efectuar la tara correspondiente. Luego, las muestras fueron sometidos a secado en estufa a 106°C por 24 horas. Finalizado el tiempo de secado, los crisoles se retiraron con ayuda de unas pinzas y se enfriaron en un desecador para después realizar los cálculos.

Para esto se aplica la siguiente formula.

$$\%H = \frac{S - (W1 - W0)}{S} \times 100$$

Donde:

W0: Peso inicial del Crisol en gramos.

W1: Peso del crisol con la muestra.

S: Peso de la muestra.

3.4.3.4. Cenizas

La cantidad cenizas en las muestras de hamburguesas se determinó según la normativa NTE INEN ISO 936 (2013) mediante el método de calcinación. Primero, los crisoles se lavaron, secaron, esterizaron en una estufa a 110 °C durante una hora, se enfriaron en un desecador, los crisoles deben estar tarados, asegurando un peso constante en cada uno de ellos. Después se pesó los crisoles vacíos para registrar su peso inicial y se colocaron 10 gramos de la muestra en cada crisol y se registró este peso. Las muestras se colocaron en una mufla a 550°C durante 6 horas hasta que adquirieron un color blanquecino que es un indicador de que la calcinación se completó. Finalmente, se retiró de la mufla y se dejó enfriar en el desecador y se pesaron nuevamente para obtener los datos y así determinar el contenido de cenizas de cada tratamiento.

Para esto se aplica la siguiente formula.

$$\%C = \frac{(W2 - W1)}{S} \times 100$$

Donde:

W1: Peso inicial del crisol en gramos.

W2: Peso del crisol luego de la calcinación.

S: Peso de la muestra en gramos.

3.4.3.5. Acidez Titulable

La acidez de la muestra de hamburguesa se determinó mediante acidez titulable. Se preparó una solución de hidróxido de sodio 0,1 N, empleando fenolftaleína como indicador, para esto se utilizó como guía la norma NTE INEN ISO 750 (2013) . Para el análisis, se pesaron 10 g de muestra y se disolvieron en 90 mL de agua destilada dentro de un vaso de precipitación de 100 mL. Posteriormente, la solución se filtró en un matraz Erlenmeyer de 250 mL para proceder a la valoración. En una bureta de 50 mL se cargó la solución de hidróxido de sodio 0,1 N y se adicionaron tres gotas de fenolftaleína a la muestra. La titulación se efectuó hasta evidenciar un viraje de color a un tono rosado tenue. Finalmente, se registró el volumen de hidróxido de sodio consumido como resultado del análisis. Aplicando la siguiente fórmula.

$$Acidez \% = \frac{a \times N \times meq}{b}$$

a= Volumen en mL de la solución consumida de NaOH 0,1N.

N= Normalidad de la solución de NaOH.

meq= Masa molar expresada en g/mol. Para el ácido láctico meq = 0.090 g/mol.

b= masa en gramos de la muestra.

3.4.3.6. pH

La determinación del pH en las muestras se efectuó conforme a la norma NTE INEN ISO 2917 (2013) donde se empleó un potenciómetro digital marca Mettler Toledo. El equipo fue calibrado previamente con soluciones tampón patrón de pH 4,00 (ácido), pH 7,00 (neutro) y pH 10,00 (básico), antes de cada calibración se lavó el electrodo con agua destilada y se secó. Se procedió a confirmar la calibración del equipo con una solución tampón antes de analizar las muestras. Posteriormente, se pesaron 10 g de muestra y se adicionaron 90 mL de agua destilada, homogenizando con una varilla de agitación. La mezcla obtenida se filtró con el fin de eliminar partículas gruesas y finalmente se realizó la lectura de pH en la fracción líquida. El procedimiento se repitió por triplicado para cada tratamiento evaluado.

3.4.4. Análisis Microbiológico

Para el análisis microbiológico de aerobios mesófilos, *Staphylococcus aureus* y *Escherichia coli* se realizó el siguiente procedimiento.

El material de laboratorio, el agua peptona buferada (20g en 1 L de agua destilada esterilizada) y el agua destilada, fueron esterilizados en autoclave a 121 °C durante 20 minutos y después se secaron en una estufa a 106 °C.

Preparación de las diluciones

Se pesaron 10 g de la muestra y se colocaron en una bolsa estéril de alta densidad (tipo Ziploc), se adicionó 90 mL de agua peptona buferada estéril. Posteriormente la muestra fue homogenizada en un stomacher durante 1 minuto, obteniendo la solución madre (10^{-1}). A partir de esta suspensión se prepararon diluciones sucesivas 10^{-2} , 10^{-3} , 10^{-4} , 10^{-5} y 10^{-6} rotulando cada tubo de ensayo con el número de dilución y el tratamiento correspondiente en una proporción de 1:10, transfiriendo 1 mL de la suspensión madre en 9 mL de agua peptona buferada. Esta metodología fue ejecutada en cada uno de los cuatro tratamientos. Todo el procedimiento de análisis microbiológico se efectuó dentro de la cámara de flujo laminar manteniendo las condiciones adecuadas.

Inoculación

Se procedió a la inoculación por triplicado de acuerdo con las diluciones de los diferentes microorganismos. Colocando la placa petrifilm 3M en una superficie plana y nivelada, se levantó la lámina semitransparente y se colocó 1 mL con el pipeteador, sellamos la lámina hacia abajo evitando formar burbujas y compactar ligeramente en el centro de la placa con el aplicador petrifilm para esparcir la muestra.

Incubación

- Para *Escherichia coli* se considera que la incubación es a $35\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$ por 24 h
- Para Aerobios Mesófilos se considera que la incubación es a $35\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$ por 72 h.
- Para *Staphylococcus aureus* se considera que la incubación es $37\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$ por 24 h.

Interpretación

Transcurrido el tiempo de incubación de cada placa petrifilm se realizó el conteo en un contador de colonias, registrar los valores para su posterior interpretación.

Determinación de *Salmonella spp*

La norma NTE INEN 1338:2012 indica que uno de los requisitos microbiológicos para productos cárnicos crudos, es la ausencia de salmonella considerándose un parámetro de inocuidad de las hamburguesas de res.

El material de laboratorio, el agua peptona tamponada (20g en 1 L de agua destilada esterilizada) y el agua destilada, fueron esterilizados en un autoclave a 121 °C durante 20 minutos.

Enriquecimiento

Colocar 25 g de la muestra en una bolsa de alta densidad (tipo ziploc) junto con 225 mL de base para enriquecimiento (agua peptona tamponada estéril), se lleva al stomacher durante 1 min hasta que la muestra quede homogenizada. Se enriquece la muestra por 18 h a 41,5 °C.

Hidratación

Hidratar las placas Petri film 3M con agua destilada estéril aplicando 1 mL con el pipeteador en cada placa una media hora antes de su uso, y se puede emplear hasta 8 horas después de su hidratación conservándose en refrigeración.

Inoculación

El procedimiento de inoculación se realizó por triplicado utilizando un asa de siembra que se esterilizó en el mechero de alcohol, procedemos a realizar una siembra por estriado desde la parte superior hasta la parte inferior de la placa para obtener colonias aisladas en las placas petrifilm 3M para *Salmonella Express*.

Incubación

Incubar las placas petrifilm a 41,5 °C \pm 2 °C por 24 h. Transcurrido este tiempo leer la placa y marcar los presuntos positivos y esperar de 48–52 h para determinar resultados negativos en muestras con alto nivel de microflora como son las hamburguesas de res. El tiempo total para la confirmación de las placas petrifilm de *salmonella* en alimentos no procesados es de 52-56 h.

Interpretación

Transcurrido el tiempo de incubación de cada placa petrifilm se realizó el conteo en un contador de colonias, registrar los valores para su posterior interpretación.

3.4.5. Análisis Sensorial

Las hamburguesas de res correspondiente a los 4 tratamientos con aceite esencial de hinojo fueron sometidas a cocción en un sartén para el posterior análisis sensorial.

De acuerdo con Vu et al (2022) indica que el control de temperatura y tiempo de cocción son indispensables para una mejor retención de jugos de la hamburguesa de res por ello tuvieron una cocción de 70 °C (161 °F), con un tiempo de 4 min por cada lado. Para mantener su temperatura y jugosidad, no se cortaron hasta el momento de ser servidas a los panelistas. Se sirvieron en porciones de aproximadamente 15 g y se colocó las muestras identificadas mediante números aleatorios de tres cifras. Cada tratamiento se evaluó mediante escala hedónica de 5 puntos de acuerdo con las características de color, olor, sabor, textura y jugosidad.

3.4.6. Determinación del tiempo de vida útil

El tiempo de vida útil de la hamburguesa de res se realizó al mejor tratamiento de la sustitución parcial de sales de nitrito con aceite esencial de hinojo, esta elección se basó en el análisis sensorial y fisicoquímica. El análisis se llevó a cabo en los laboratorios de análisis de alimentos y microbiología de la Universidad Politécnica Estatal del Carchi. La estimación del tiempo de vida útil se estableció en un periodo de 25 días a partir del día 0 (día que se elaboró el producto) y posteriormente cada 5 días, manteniéndose en una temperatura de 4 °C. Se tomó como referencia la norma NTE INEN 1338:2012 establecido para productos cárnicos el cual nos indica los límites máximos establecidos para: *Escherichia -coli*, *Aerobios Mesófilos*, *Staphylococcus aureus* y *Salmonella spp.*

3.5. ANALISIS ESTADISTICO

En este estudio se consideró un diseño completamente al azar (DCA) de un factor.

Se identificaron los tratamientos del trabajo de investigación en función de las concentraciones de aceite esencial y sales de nitrito, en la Tabla 9 se detalla los cuatro tratamientos para la elaboración de las hamburguesas de res.

Tabla 9. Diseño experimental para la elaboración de hamburguesas de res.

Tratamientos	Definición
T1	0.00 g de aceite esencial de hinojo + 0.00 g sales de nitrito + 9,00 g de sal
T2	0,20 g de aceite esencial de hinojo + 0.019 g sales de nitrito + 8,781 g de sal
T3	0.40 g de aceite esencial de hinojo + 0.009 g sales de nitrito + 8,591 g de sal
T4	0,60 g de aceite esencial de hinojo + 0.005g sales de nitrito + 8,395 g de sal

El arreglo factorial será de la siguiente manera:

- Número de tratamientos: 4
- Número de repeticiones por tratamiento: 3
- Tamaño de la Unidad Experimental: 500 g
- Número de Unidades experimentales: 12

Los resultados que se obtuvieron fueron procesados utilizando el software Infostat. Se aplico el análisis de varianza (ANOVA) para determinar si existe diferencia significativa entre los tratamientos y se empleó una prueba de Tukey para realizar comparaciones múltiples.

Para la evaluación sensorial de las hamburguesas de los cuatro tratamientos se utilizó una escala hedónica de tipo ordinal, los resultados obtenidos del análisis sensoriales se sometieron a la prueba no paramétrica de Kruskal Wallis que sirve para identificar si hay diferencia en los atributos sensoriales de los tratamientos.

Para realizar el análisis sensorial se aplicó una prueba de aceptación, donde se contó con la participación de 60 jueces no entrenados que realizaron la degustación del producto en una sola sesión.

En la Tabla 10 se da conocer las muestras de los cuatro tratamientos que fueron codificadas de manera aleatoria, los atributitos que fueron evaluados en la hamburguesa de res fueron: color, olor, sabor, textura y jugosidad donde se utilizó una escala de aceptación sensorial de 5 puntos.

Tabla 10. Escala hedónica de aceptación sensorial.

Puntaje	Categoría
1	Me disgusta mucho
2	Me disgusta
3	Ni me gusta ni me disgusta
4	Me gusta
5	Me gusta mucho

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. RESULTADOS

4.1.1. Análisis fisicoquímico en la elaboración de hamburguesas de res.

4.1.1.1. Proteína

Los resultados a exponer de las hamburguesas de res con aceite de hinojo se muestran en la Figura 6, donde el p-valor es superior a 0,05, indicando que estadísticamente no existe diferencias significativas en el contenido de proteína entre los tratamientos durante su vida útil. El tratamiento T1 (0,00 g de aceite esencial de hinojo + 0 g sales de nitrito + 9,00 g de sal) mostró el contenido de proteína más alto, con un valor de 27,47 %, mientras que los otros tratamientos mostraron un contenido más bajo de proteína siendo el tratamiento T3 el menor con un valor de 25,16 %.

La norma NTE INEN 1338:2012 indica que el porcentaje de proteína para la carne tipo I es de 14% lo cual señala que todos los tratamientos cumplen con la normativa

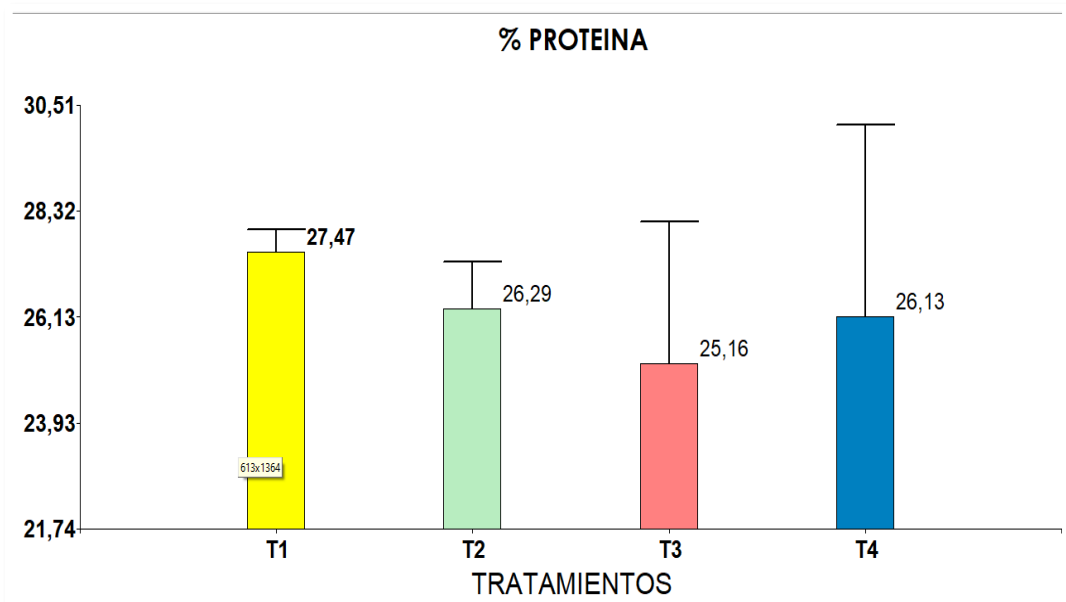


Figura 6. Contenido de proteína en las hamburguesas de res

4.1.1.2. Grasa Total

Los valores de grasa obtenidos mediante el método de soxhlet para cada uno de los tratamientos se detallan en la Figura 7. El análisis de varianza ANOVA presenta el resultado de un p-valor 0.8760 indicando que, no existe diferencia significativa. El valor máximo de grasa corresponde al tratamiento T2 (0,20 g de aceite esencial de hinojo+ 0,019 g sales de nitrito + 8,781 g de sal) con 20.45 %; mientras que el T4 (0,60 g de aceite esencial de hinojo + 0.005g sales de nitrito + 8,395 g de sal) registro un valor mínimo de 20,28 % de grasa.

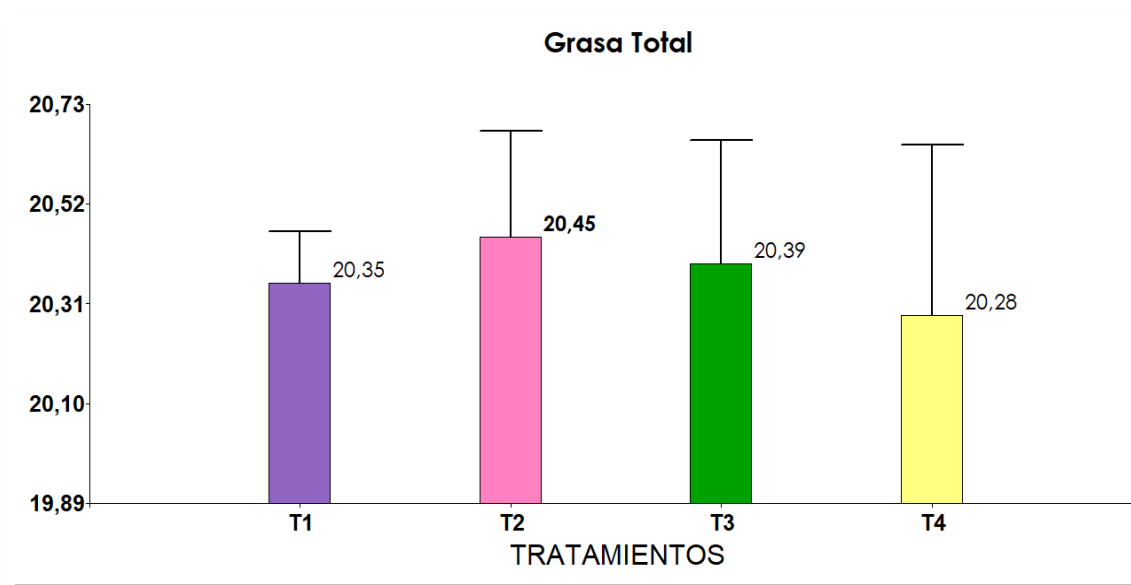


Figura 7. Contenido de grasa en las hamburguesas de res.

4.1.1.3. Humedad

El contenido de humedad de los diferentes tratamientos se detalla en la Figura 8. En el análisis de varianza se obtuvo un p-valor de 0.3176 ($p > 0.05$) lo que indica que no existe diferencia significativa entre los tratamientos de hamburguesas de res con aceite esencial de hinojo. El mejor tratamiento es el T2 (0.20 g de aceite esencial de hinojo + 0,019 g sales de nitrito + 8,781 g de sal) debido a que presento un valor más alto de humedad de con 72.93 %; mientras que el tratamiento T4 (0.60 g de aceite esencial de hinojo + 0.005 g sales de nitrito + 8,395 g de sal) tuvo un valor más bajo con 71.44 %.

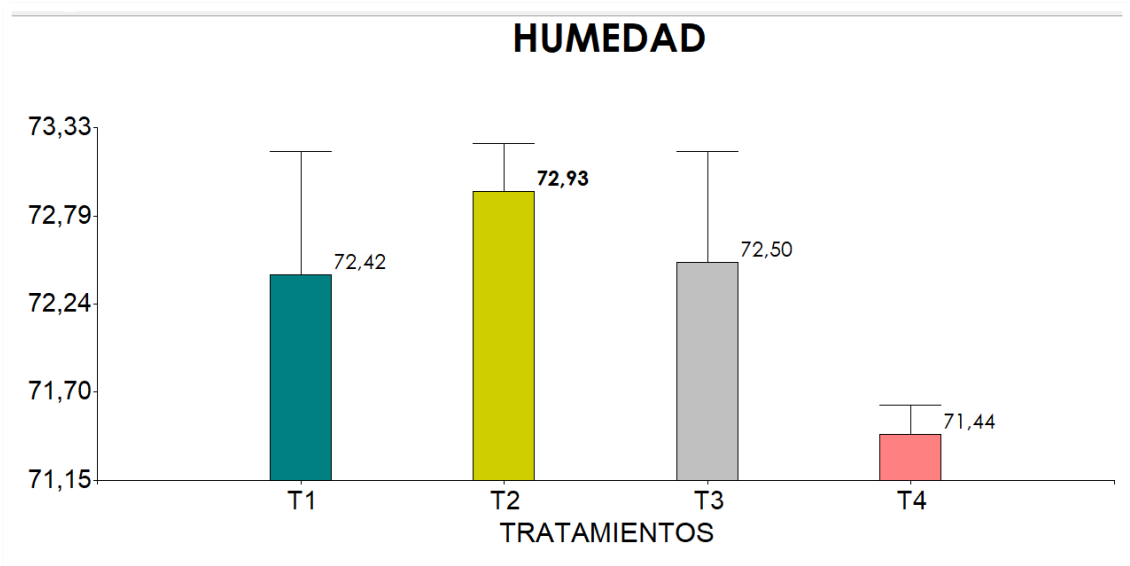


Figura 8. Contenido de humedad en las hamburguesas de res.

4.1.1.4. Ceniza

En cuanto a los tratamientos de hamburguesas de res se ha obtenido los resultados para determinar ceniza mediante el análisis de varianza, donde se indica que no hay diferencia significativa entre los tratamientos, ya que el p-valor es de 0,53 considerándose superior a 0.05. El tratamiento T4 (0,60 g de aceite esencial de hinojo + 0,005 g sales de nitrito + 8,395 g de sal) contiene un valor máximo de ceniza de 5.50; mientras que la muestra T1 (0.0 g de aceite esencial de hinojo+ 0 g sales de nitrito + 9,00 g de sal) contiene un valor mínimo de ceniza del 5.09, tal como lo indica en la Figura 9.

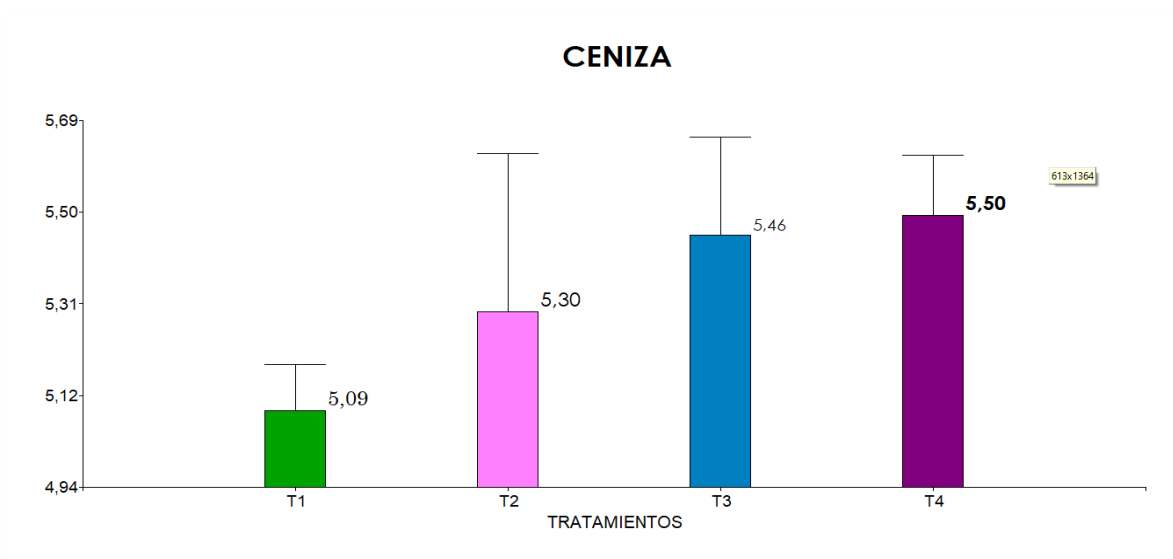


Figura 9. Contenido de cenizas en hamburguesas de res

4.1.1.5. Acidez titulable

Los valores de acidez para cada tratamiento se detallan en la Figura 10. El análisis de varianza ANOVA presenta un p-valor 0.0922 mayor al 0.05 lo cual nos indica que no existe diferencia significativa entre los tratamientos. El tratamiento T3 (0.40 g de aceite esencial de hinojo + 0,009 g sales de nitrito + 8,591 g de sal) presentó el mayor valor de acidez de 0.27 %; mientras tanto el tratamiento T2 (0.20 g de aceite esencial de hinojo + 0,019 g sales de nitrito + 8,781 g de sal) obtuvo un valor mínimo con 0.19 %.

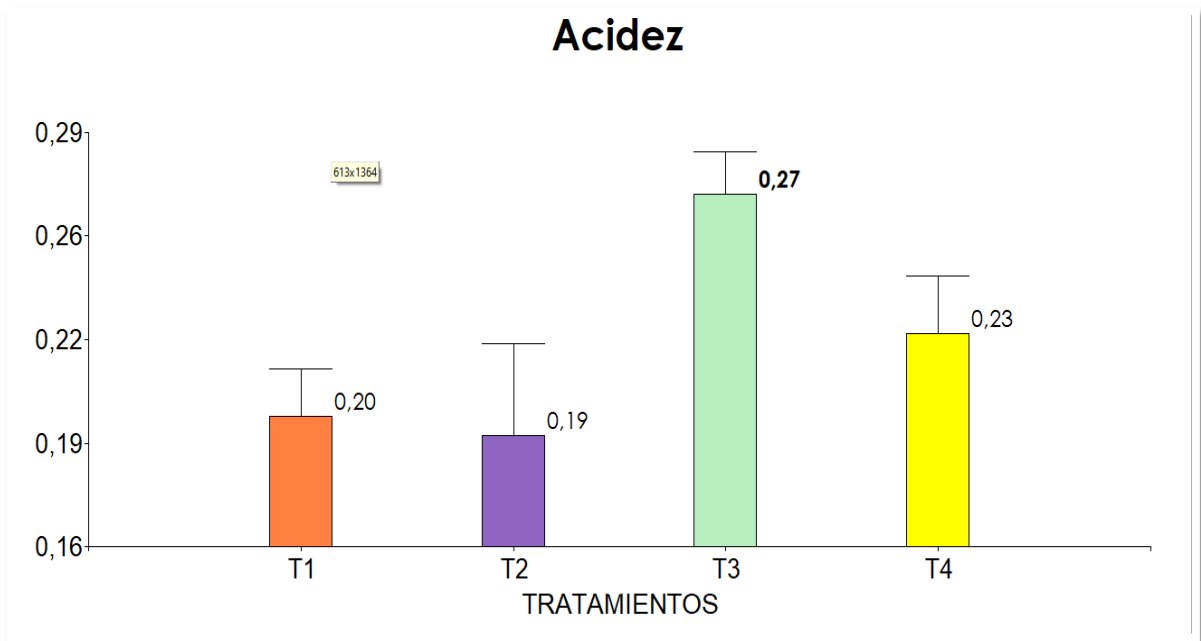


Figura 10. Contenido de acidez titulable en hamburguesas de res

4.1.1.6. pH

Los valores de pH de los distintos tratamientos se detallan en la Figura 11. El p- Valor obtenido mediante la prueba de ANOVA es de 0.3539, dando un resultado mayor valor al p-valor 0.05 lo que indica que no existe diferencia significativa entre los tratamientos. El tratamiento T3 (0.40 g de aceite esencial de hinojo + 0,009 g sales de nitrito + 8,591 g de sal) presento el valor máximo de pH con un valor de 5,80; mientras que el valor mínimo de pH es de 5.62, correspondiente al tratamiento T2.

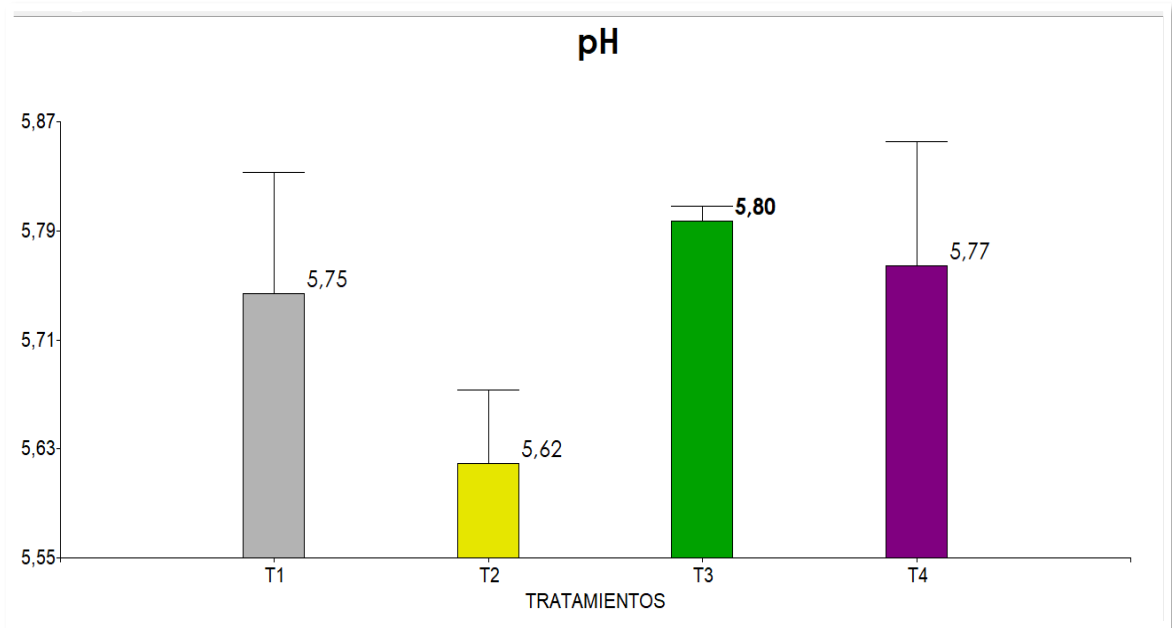


Figura 11. Valores de pH en las hamburguesas de res

4.1.2. Parámetro de Inocuidad

4.1.2.1. Análisis de inocuidad (*Salmonella*)

El análisis microbiológico se efectuó previamente a la prueba sensorial con el fin de asegurar que el producto ofrecido a los jueces catadores sea seguro e inocuo para su consumo. Para ellos se tomó como referencia la norma técnica ecuatoriana NTE INEN 1338(2012), aplicable a productos cárnicos crudos, curados, precocidos cocidos y madurados, lo cual considera a la *Salmonella spp*, como microorganismo indicador de inocuidad por ello debe existir ausencia de este microorganismo en el producto antes de su consumo.

El análisis se realizó por triplicado para cada uno de los 4 tratamientos, confirmando en todos los casos la ausencia de *Salmonella spp* como se detalla en la Tabla 11. Estos resultados evidencian que el proceso de elaboración de la hamburguesa de res con aceite esencial de hinojo se llevó a cabo bajo buenas prácticas de manufactura (BPM) minimizando el riesgo de enfermedades y garantizando la seguridad microbiológica del producto final.

Tabla 11. Resultados microbiológicos de inocuidad de hamburguesas de res

Tratamientos	<i>Salmonella spp</i> /25g **	Método
T1	Ausencia	NTE INEN 1529-15
T2	Ausencia	
T3	Ausencia	
T4	Ausencia	

4.1.3. Evaluación Sensorial

Para realizar la prueba de análisis sensorial se aplicó una prueba de aceptación con una escala hedónica de cinco puntos, donde se realizó la catación a 60 jueces no entrenados como se muestra en la Tabla 12. Los atributos que se analizaron fueron (color, olor, sabor, jugosidad, textura). Se utilizó un análisis de varianza ANOVA seguido de las pruebas no paramétricas de Kruskal Wallis que sirve para identificar si hay diferencia significativa en los atributos sensoriales de los 4 tratamientos.

Tabla 12. Escala hedónica de aceptación sensorial de 5 puntos

Puntaje	Categoría
1	Me disgusta mucho
2	Me disgusta
3	Ni me gusta ni me disgusta
4	Me gusta
5	Me gusta mucho

4.1.3.1. Resultados de Color

En la tabla 13 se observa los resultados obtenidos mediante la prueba de Kruskal Wallis con respecto al color, dando un p-valor 0.9879 mayor a 0.05 lo que indica que no existe diferencia significativa entre las muestras. El valor de las medias en los tratamientos T2 (0.20 g aceite esencial de hinojo + 0,019 g sales de nitrito + 8,781 g de sal), T1 (0.00 g de aceite esencial de hinojo + 0,00g sales de nitrito + 9,00 g de sal), T4 (0.60 g de aceite esencial de hinojo+ 0,005 g sales nitrito + 8,395 g de sal), T3 (0.40 g de aceite de hinojo+ 0.009g sales de nitrito + 8,591 g de sal) tienen una media de 4.00 que corresponde a "Me gusta" dentro de la escala hedónica.

Tabla 13. Resultados de los parámetros de color

Tratamientos	N	Medias	Rango
T2	60	4	A
T1	60	4	A
T4	60	4	A
T3	60	4	A

4.1.3.2. Resultados de olor

En la Tabla 14 se observa los resultados de olor que se obtuvo mediante la prueba de Kruskal Wallis, dando un p-valor 0.1105 mayor a 0.05 lo que indica que no existe diferencia significativa entre los tratamientos que contienen aceite y el que no contiene. El tratamiento T2 (0.20 g aceite esencial de hinojo + 0,09 g sales de nitrito 8,781 g de sal), T4 (0.60 g de aceite esencial de hinojo+ 0,005 g sales nitrito + 8,395 g de sal), T3(0.40 g de aceite de hinojo+ 0.009g sales de nitrito + 8,591 g de sal), tienen una media de 4.00 que corresponde a "Me gusta; mientras que el T1 (0.00 g de aceite esencial de hinojo + 0,00g sales de nitrito + 9,00 g de sal), tiene una media de 3.00 que corresponde "Ni me gusta ni me disgusta" dentro de la escala hedónica.

Tabla 14. Resultados de los parámetros de olor

Tratamientos	N	Medias	Rango
T2	60	4	A
T4	60	4	A
T3	60	4	A
T1	60	3	A

4.1.3.3. Resultados de sabor

En la Tabla 15 se especifican los resultados de sabor obtenido mediante la prueba de Kruskal Wallis, donde arrojo un valor-p es 0.0001 menor al referente de 0.05 por lo cual, se establece que si existe diferencia significativa entre al menos dos grupos. El tratamiento T2 (0.20 g aceite esencial de hinojo + 0,09 g sales de nitrito 8,781 g de sal) y T4 (0.60 g de aceite esencial de hinojo+ 0,005 g sales nitrito + 8,395 g de sal) presentan una media de 4.00 que corresponde "Me gusta" asimismo los tratamientos T3 (0.40 g de aceite de hinojo+ 0.009g sales de nitrito + 8,591 g de sal), y T1 (0.00 g de aceite esencial de hinojo + 0,00g sales de nitrito + 9,00 g de sal) corresponden al criterio de "Ni me gusta ni me disgusta" de acuerdo con la escala hedónica.

Tabla 15. Resultados de los parámetros de sabor.

Tratamientos	N	Media	Rango
T2	60	4	A
T4	60	4	A
T3	60	3	B
T1	60	3	B

4.1.3.4. Resultados de Jugosidad

En la Tabla 16 se presentan los resultados del parámetro de jugosidad, derivado del análisis de Kruskal Wallis. Se observo un p-valor de 0.3655 mayor a 0.05 lo que indica

que no existe diferencia significativa entre los tratamientos. De la misma manera, el tratamiento T4(0.60 g de aceite esencial de hinojo+ 0,005 g sales nitrito + 8,395 g de sal), T3(0.40 g de aceite de hinojo+ 0.009g sales de nitrito + 8,591 g de sal) y T2(0.20 g aceite esencial de hinojo + 0,09 g sales de nitrito 8,781 g de sal) con una media de 4.00; mientras que el tratamiento T1 (0.00 g de aceite esencial de hinojo + 0,00g sales de nitrito + 9,00 g de sal) presento una media de 3.00 donde su categoría es “Ni me gusta ni me disgusta”.

Tabla 16. Resultados de los parámetros de jugosidad

Tratamientos	N	Media	Rango
T4	60	4	A
T3	60	4	A
T2	60	4	A
T1	60	3	B

4.1.3.5. Resultados de Textura

En la Tabla 17 se detalla los resultados relacionados con textura del producto, donde le valor-p es 0.2776, siendo mayor 0.05, lo cual indica que no existe diferencia significativa. En contraste, los tratamientos T4(0.60 g de aceite esencial de hinojo+ 0,005 g sales nitrito + 8,395 g de sal), T2(0.20 g aceite esencial de hinojo + 0,09 g sales de nitrito 8,781 g de sal) y T3(0.40 g de aceite de hinojo+ 0.009g sales de nitrito + 8,591 g de sal) T1 (0.00 g de aceite esencial de hinojo + 0,00g sales de nitrito + 9,00 g de sal) obtuvieron una media de 4 entrando en la categoría “Me gusta”.

Tabla 17. Resultados de los parámetros de textura

Tratamientos	N	Media	Rango
T4	60	4	A
T2	60	4	A
T3	60	4	A
T1	60	4	A

4.1.3.6. Mejores Tratamientos

En la Tabla 18 se detallan los resultados de los cuatro tratamientos, donde se observa que el tratamiento T2 (0.20 g aceite esencial de hinojo + 0,09 g sales de nitrito 8,781 g de sal) tuvo una mayor aceptabilidad dado que los atributos evaluados (color, olor, sabor, textura, jugosidad) se encuentran en el rango de calificación de 4, que pertenece a la categoría de “me gusta” considerándose el mejor tratamiento en

general de acuerdo con sus características sensoriales establecidas, a diferencia de los demás tratamientos que presentan una aceptabilidad menor.

Tabla 18. Resultados de todos los tratamientos

Características	Color	Olor	Sabor	Textura	Jugosidad
Tratamientos					
T1	4B	3B	3B	3B	4B
T2	4A	4A	4A	4A	4A
T3	4B	4B	4B	4B	4B
T4	4B	4AB	4AB	4B	4B

4.1.4. Determinación de vida útil

La determinación del tiempo de vida útil de la hamburguesa de res con aceite esencial de hinojo se realizó a partir del mejor tratamiento de acuerdo con el análisis sensorial realizado a 60 jueces, obteniendo como resultado el tratamiento T2 (0.20 g aceite esencial de hinojo + 0,09 g sales de nitrito 8,781 g de sal), por lo tanto, se conllevó a un análisis de estabilidad mediante lectura de pH, análisis microbiológico y análisis sensorial durante 25 días realizando los análisis correspondientes cada 5 días a partir del día 0.

4.1.4.1. Análisis microbiológico

El tratamiento T2 (0.20 g aceite esencial de hinojo + 0,09 g sales de nitrito 8,781 g de sal) se analizó mediante pruebas microbiológicas, 4 microorganismos: Aerobios mesófilos, *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli* y *Salmonella spp.* De los cuales los 3 primeros microorganismos se presentaron en concentraciones de UFC/g de acuerdo con la norma técnica ecuatoriana NTE INEN 1338:2012. En el caso de *Salmonella spp* no se presentó crecimiento en cada uno de los análisis de los días establecidos.

En la Tabla 19 se presentan los resultados del análisis microbiológico correspondiente al tratamiento T2 para aerobios mesófilos durante un periodo de almacenamiento de 25 días. El monitoreo se realizó cada 5 días, iniciando desde el día 0, momento en el cual se elaboraron las hamburguesas de res con adición de aceite esencial de hinojo (*Foeniculum vulgare* Mill.). Los resultados evidencian que la carga microbiana no superó el límite máximo establecido por la norma técnica ecuatoriana NTE INEN 1338:2012 hasta el día 25, cuando se efectuó la última medición. Sin embargo, se observó que en este último análisis los valores obtenidos se aproximan al permitido de

UFC/g, por lo que se determina que la vida útil máxima del producto, bajo condiciones de refrigeración a 4 °C, es de 25 días.

Tabla 19. Análisis Aerobios Mesófilos del tratamiento T2

Días de análisis Aerobios Mesófilos	Valor del Log_{10} UFC/g	Equivalencia en UFC/g	Límite Norma NTE INEN UFC/g
0 días	2.26	$1,81 \times 10^2$	$1,0 \times 10^6$
5 días	3.36	$2,29 \times 10^3$	$1,0 \times 10^6$
10 días	3.67	$4,677 \times 10^3$	$1,0 \times 10^6$
15 días	3.89	$7,762 \times 10^3$	$1,0 \times 10^6$
20 días	5.02	$1,047 \times 10^4$	$1,0 \times 10^6$
25 días	6,27	$1,06 \times 10^6$	$1,0 \times 10^6$

En la Tabla 20 se presentan los resultados del análisis microbiológico correspondiente al tratamiento T2 para *Staphylococcus Aureus* durante un periodo de almacenamiento de 25 días. El monitoreo se realizó cada 5 días, iniciando desde el día 0, momento en el cual se elaboraron las hamburguesas de res con adición de aceite esencial de hinojo (*Foeniculum vulgare* Mill.). Los resultados evidencian que la carga microbiana no superó el límite máximo establecido por la norma técnica ecuatoriana NTE INEN 1338:2012 hasta el día 25, cuando se efectuó la última medición. Sin embargo, se observó que en este último análisis los valores obtenidos se aproximan al umbral permitido de UFC/g, por lo que se determina que la vida útil máxima del producto, bajo condiciones de refrigeración a 4 °C, es de 25 días.

Tabla 20. Análisis de *Staphylococcus Aureus* del tratamiento T2

Días de análisis Staphylococcus Aureus	Valor del Log_{10} UFC/g	Equivalencia en UFC/g 10^{\wedge}Log	Límite Norma NTE INEN
0 días	1	0×10^0	$1,0 \times 10^3$
5 días	1.78	6×10^1	$1,0 \times 10^3$
10 días	2,11	1.28×10^2	$1,0 \times 10^3$
15 días	2,43	2.69×10^2	$1,0 \times 10^3$
20 días	2,63	$4,26 \times 10^2$	$1,0 \times 10^3$
25 días	2,82	6.60×10^2	$1,0 \times 10^3$

En la Tabla 21 se presentan los resultados del análisis microbiológico correspondiente al tratamiento T2 para *Escherichia coli* durante un periodo de almacenamiento de 25 días. El seguimiento se realizó cada 5 días, a partir del día 0, fecha en la que se elaboraron las hamburguesas de res con adición de aceite esencial de hinojo (*Foeniculum vulgare* Mill.). Los resultados evidencian ausencia de crecimiento de colonias en los días 0, 5 y 10. En los días posteriores se observó desarrollo microbiano, aunque sin superar los límites establecidos en la norma técnica ecuatoriana NTE INEN

1338:2012 hasta el día 25, cuando se efectuó la última evaluación. No obstante, los valores obtenidos en dicho análisis se encuentran próximos al umbral máximo permitido (UFC/g), por lo que se establece que la vida útil aproximada del producto, bajo condiciones de refrigeración a 4 °C, es de 25 días

Tabla 21. Análisis de *Escherichia-coli* del tratamiento T2

Días de análisis <i>Escherichia-coli</i>	Valor del Log_{10} UFC/g	Equivalencia en UFC/g 10^{\wedge} <i>Log</i>	Límite Norma NTE INEN
0 días	1	0×10^1	$1,0 \times 10^2$
5 días	1	0×10^1	$1,0 \times 10^2$
10 días	1	0×10^1	$1,0 \times 10^2$
15 días	0.90	$0,79 \times 10^1$	$1,0 \times 10^2$
20 días	1.43	$2,6 \times 10^1$	$1,0 \times 10^2$
25 días	1.80	$6,3 \times 10^1$	$1,0 \times 10^2$

En la Tabla 22 se presentan los resultados del análisis microbiológico del tratamiento T2 de *Salmonella spp* en el transcurso de 25 días. Se realizó el análisis de este microorganismo cada 5 días desde el día 0 que se elaboró las hamburguesas de res con aceite esencial de hinojo, donde podemos observar que en el intervalo de estos días no se presentaron colonias de crecimiento.

Tabla 22. Análisis de *Salmonella* del tratamiento T2

Días de análisis <i>Salmonella spp</i>	<i>Salmonella spp</i> /25g **	Método
0 días	Ausencia	
5 días	Ausencia	
10 días	Ausencia	NTE INEN 1338:2012
15 días	Ausencia	
20 días	Ausencia	
25 días	Ausencia	

En la Tabla 23 se presentaron los resultados del análisis microbiológico de Aerobios Mesófilos; *Staphylococcus aureus*; *Escherichia coli* de todos los tratamientos, los resultados obtenidos considerando las medianas para el conteo de microorganismos en cada tratamiento a los 25 días de análisis microbiológico de almacenamiento.

Tabla 23. Resultados de análisis microbiológico de todos los tratamientos

Tratamiento	Medianas	Rango
T4	0.24	A
T2	0.39	A
T3	0.30	A
T1	1.35	B

4.1.4.2. Análisis de pH

En la Tabla 24 se detalla que el pH de la carne de hamburguesa de res con adición de aceite de hinojo del tratamiento T2, se conservó dentro de los límites por la Norma NTE INEN 1338 durante los 25 días. Teniendo una lectura del pH durante cada uno de los periodos establecidos cada 5 días desde su procesamiento.

Tabla 24. Resultados de estabilidad con parámetros pH

Parámetros analizados	Resultado (día 0)	Resultado (día 5)	Resultados (día 10)	Resultado (día 15)	Resultado (día 20)	Resultado (día 25)
pH	5.62	5.66	5.68	5.67	5.80	5.85

4.1.4.3. Propiedades organolépticas

En la Tabla 25 se detalla las características organolépticas del Tratamiento T2 presentado un ligero cambio en su color, sabor, textura y jugosidad, pero siendo apto para su consumo hasta el día 25 en condiciones de refrigeración a 4 °C.

Tabla 25. Propiedades organolépticas de los 25 días del T2

Parámetros	Color	Olor	Textura	Humedad
Día 0	Rojo Intenso	Fresco característico de las carnes	Compacta	Alta
Día 5	Rojo uniforme	Fresco sin cambios	Se mantiene compacta	Conservada
Día 10	Rojo opaco con cierto oscurecimiento	Aceptable	Poco compacta	Poca pérdida de humedad
Día 15	Ligero oscurecimiento	Menos intenso	Menor compactación	Menor retención de líquidos
Día 20	Color ligeramente opaco	Olor perceptible menor	Textura poco firme	Humedad reducida
Día 25	Color opaco	Olor Ligeramente agradable	Blanda	Humedad Baja

4.2. DISCUSIÓN

4.2.1. Características fisicoquímicas

4.2.1.1. Proteína

El análisis de composición proximal realizado por Huamán (2022) indica que la cantidad de proteína en carne de hamburguesa en una evaluación de la influencia

de aceite esencial de Huacatay obtuvo un valor 19.99 %, mientras que en la investigación de Tapia (2022) manifestó un valor de 15.21 % en una hamburguesa a base harina de cascara de plátano y dos tipos de pescado. No obstante, en el estudio de Hilvay (2015) en su investigación de efecto de los aceites esenciales de limón, albahaca y orégano en la conservación de la carne de cuy obtuvo un valor de 21.4 %. Al realizar la comparación entre los resultados obtenidos en el presente estudio, correspondientes al tratamiento T2 con un valor de 26,29 % de proteína, y los reportados por distintos autores, se evidencia que el porcentaje determinado en esta investigación fue superior. Esta diferencia puede atribuirse a las variaciones en las formulaciones empleadas, las cuales influyen directamente en la composición nutricional del producto cárnico. De acuerdo con la NTE INEN 1338:96 de carnes y productos cárnicos los valores obtenidos de proteína de hamburguesas de res de esta investigación, cumple con los requisitos mínimos de proteína animal que es el 14 % en tipo 1 de carnes.

4.2.1.2. Grasa total

Los valores obtenidos de grasa que reportó López et al. (2019) fue de 29,17 % en la utilización de aceite esencial de la planta tipo (*Minthostachys mollis*) para la conservación de carne de hamburguesa. Por su parte Trujillo Wong (2018) quien utilizó aceite esencial de albahaca para ser aplicado en la conservación de hamburguesas de res y pollo obtuvo un resultado de 24.36 % en el contenido de grasa. Estos resultados difieren de otros autores como Ávila y Carbajal (2018) que obtuvieron un porcentaje de grasa de 11,70 % en la elaboración de hamburguesas de pulpa de Anchoveta y torta desgrasada de ajonjolí. El resultado de esta investigación para el contenido de grasa del tratamiento T2 fue de 20,45 %. Este valor se encuentra dentro del rango permitido por la norma NTE INEN 1345:(1996) lo cual establece un valor máximo de 30 % de grasas en productos cárnicos, sin embargo, al realizar la comparación con los resultados de otros autores se puede indicar una diferencia entre los valores de grasa, esta diferencia se puede atribuir a las concentraciones de aceite esencial, distintas formulaciones de los productos cárnicos y materias primas empleadas.

4.2.1.3. Humedad

En el tratamiento T2, el contenido de humedad determinado fue de 72,93 %, la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1338 (2012) no establece un límite máximo específico de humedad en la tabla de requisitos bromatológicos para este tipo de productos; no obstante, el resultado obtenido se considera adecuado en función de la formulación empleada y de los antecedentes de investigación analizados. Delgado y Pérez (2024) reportaron valores similares a los obtenidos en esta investigación con resultados entre 71,52 % - 79,52 % en el análisis bromatológico de la carne de res. Los valores fueron equivalentes a los de Carguacundo (2010) en su investigación sobre la sustitución del carragenato en las hamburguesas con un contenido de humedad promedio del 70,57 %. Pérez y Hernández (2017) en su investigación del efecto de la harina de yuca sobre la calidad de una hamburguesa, obtuvo un valor de 63 % estos valores son menores a los obtenidos en esta investigación pero similares a los resultados de humedad obtenidos por Carbajal y Ávila (2018) en una elaboración de hamburguesas de pulpa de anchoveta y torta de ajonjolí indico que tuvo un valor de 55,80 %. La variación del contenido de humedad reportados en esta investigación con los autores Pérez y Hernández (2017) y Carbajal y Ávila (2018) se atribuye a los almidones presentes en la formulación que puede contribuir a una mayor retención de humedad en las hamburguesas, al igual que la pulpa de anchoveta que tienen una alta capacidad de retención de agua, por esto se produce la diferencia de humedad a diferencia de los resultados presentados en esta investigación.

4.2.1.4. Ceniza

La carne de hamburguesa de res con aceite esencial de hinojo presentó un valor de 5.3 % de cenizas en el tratamiento T2. De acuerdo con la norma NTE INEN 1338:96 (1996) establece un contenido máximo de 5 % de ceniza en productos cárnicos, esta diferencia mínima obtenidos en los resultados de esta investigación y la norma establecida puede atribuirse al aporte de mineral de los conservantes y especias secas presentes en la formulación de la hamburguesa de res con aceite esencial de hinojo además de los ingredientes proteicos presentes. El valor obtenido por Trujillo Wong (2018) en las hamburguesas de res elaboradas con aceite esencial de albahaca de indica el 2,48 % de cenizas. Sin embargo, estos resultados difieren a los reportados por Carbajal y Ávila (2018) donde registraron valores entre 3.35 % y 3.20 %

en una elaboración de pulpa de anchoveta y torta desgrasada de ajonjolí. En otro estudio realizado por Delgado y Pérez (2024) de un análisis bromatológico de la carne de res y cerdo que se expende en la provincia de Tungurahua obtuvieron un valores entre 1,75 - 5,38 % de cenizas. Sin embargo, estos resultados confirman que la formulación con aceite esencial de hinojo mantiene una composición mineral comparable con la de otros productos cárnicos de diferentes autores, y que el ligero incremento puede considerarse tecnológicamente aceptable, siempre que no afecte las propiedades sensoriales o la estabilidad del producto.

4.2.1.5. pH

Los valores de pH durante el proceso de elaboración de hamburguesas de res con aceite esencial de hinojo arrojaron un pH de 5.62 para el tratamiento T2. De acuerdo con la norma NTE INEN 1338: 96(1996) para carnes y productos cárnicos menciona que el pH para este producto cárnico crudo debe tener un pH máximo de 6,2 por lo que el tratamientos se encuentran por debajo del límite establecido por la norma INEN. De acuerdo con Gonzales (2023) el pH de una hamburguesa fresca debe estar en un rango de pH de 5,5 y 6,3 de esta forma el producto elaborado tiene un valor dentro de esta escala establecida por el autor. La hamburguesa elaborada por García (2019) registró un valor de pH de 6.50 en una hamburguesa de cachama blanca de inclusión de harina de soya texturizada. En otro estudio realizado por Urbina (2017) registraron un valor de pH de 6.19 en un efecto de proteína texturizada de soya y polifosfato en carne de res para hamburguesas. El valor de pH obtenido en las hamburguesas de res con aceite esencial de hinojo se encuentra dentro de los límites normativos y de los rangos reportados con los diferentes autores, lo que refleja una adecuada estabilidad fisicoquímica y ausencia de signos de deterioro proteico en el producto. Además, la incorporación del aceite esencial de hinojo no alteró significativamente el equilibrio ácido-básico de la formulación, manteniendo las condiciones óptimas para la conservación y calidad del alimento.

4.2.2. Caracterización microbiológico y tiempo de vida útil

La vida útil de las hamburguesas de res con aceite esencial de hinojo del tratamiento T2, se estimó un tiempo de vida útil de 25 días con un pH 6.12 para el último día y características organolépticas aceptables, en condiciones de refrigeración a una temperatura de 4 °C. El tratamiento T2 se encuentra dentro de los rangos mínimos de

UFC establecidos por la norma técnica ecuatoriana NTE INENE 1338:2012 para *Escherichia coli*, Aerobios Mesófilos, *Staphylococcus aureus* y la ausencia de *Salmonella spp* para todos los días de análisis establecidos. De acuerdo con Hilvay (2015) en su investigación indica que el tiempo de vida útil es de 40 días para su producto, utilizando tres tipos de aceite esencial limón (*Citrus limon*), albahaca (*Ocimum basilicum L.*) y orégano (*Origanum vulgare*), resaltando la influencia del uso del aceite esencial como conservante natural. Estos resultados difieren a los reportados por García et al. (2023) donde se estableció un tiempo de vida útil de 20 días para una hamburguesa con especies. Trujillo Wong (2018) estableció un tiempo de vida útil de 10 días de almacenado a una temperatura de 12 °C con una concentración de 3000 ppm de aceite esencial de albahaca. Estos resultados coinciden con Huamán (2020) quien reportó que el tratamiento de 0.5 % de AE mantuvo la carga microbiana (*Escherichia Coli*, *Salmonella spp*, Aerobios Mesófilos y *Staphylococcus Aureus*) dentro de los límites permitidos por la NTP de carne y productos cárnicos hasta el día 6 de control. Las diferencias observadas se atribuyen a las materias primas utilizadas, aceites esenciales y su actividad antimicrobiana, tipos de empaques, condiciones de almacenamiento y formulación establecida.

La prohibición de los nitritos, al igual que el cloruro de sodio, es un proceso complejo que conlleva diferentes reacciones tanto positivas como negativas causadas por la aplicación de los nitritos en la carne. Colmenero et al. (2001), menciona que es imposible encontrar una sola sustancia que produzca efectos positivos que pueda reemplazar las funciones que realiza el nitrito. Pero se puede realizar las combinaciones de varias sustancias que puedan ofrecer los mismos efectos del nitrito en el color, aroma y tengan la misma actividad antimicrobiana y antioxidante. En este tema de investigación la mezcla de sal, sales de nitrito y aceite esencial de hinojo en diferentes concentraciones actuaron de diferente manera en los diferentes tratamientos teniendo resultados positivos para cada una de ellas, a excepción de las que no contenían sales de nitrito y aceite esencial de hinojo.

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

- En la evaluación de la eficiencia del aceite esencial de hinojo como sustituto parcial de las sales de nitrito en la conservación de hamburguesas de res, considerando que este aditivo sintético es ampliamente utilizado como conservante. Los resultados demostraron que la sustitución parcial fue efectiva, ya que permitió reducir la concentración de sales de nitrito y aumentar la proporción de aceite esencial de hinojo sin comprometer la calidad del producto. Bajo estas condiciones, el tratamiento T2, formulado con 0,20 g de aceite esencial de hinojo, 0,09 g de sales de nitrito y 8,781 g de sal, se determinó como la alternativa más adecuada para conservar las hamburguesas de res. Los resultados fisicoquímicos obtenidos de las hamburguesas de todos los tratamientos (T1; T2; T3; T4) indicaron que los porcentajes resultantes de estos análisis están dentro de los valores establecidos según la norma técnica ecuatoriana NTE INEN 1338:1996 para proteína, grasa, ceniza, humedad, acidez, pH.
- El aceite esencial de hinojo demostró actividad antimicrobiana en la conservación de hamburguesas de res, esto se comprobó con el tiempo de vida útil de 25 días del mejor tratamiento garantizando un producto inocuo para los consumidores hasta ese periodo de tiempo, siendo un sustituto parcial adecuado para las hamburguesas de res.
- En cuanto a los análisis microbiológicos se determinó la ausencia de *Salmonella spp* para todos los tratamientos, además de mantenerse en los límites mínimos de UFC para: aerobios mesófilos, *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli* como lo establece la norma INEN 1338(2012), en todos los tratamientos, garantizando un producto inocuo y apto para su consumo, con características organolépticas aceptables para el periodo de tiempo establecido de 25 días.

- De acuerdo con la evaluación sensorial realizada en los cuatro tratamientos, se identificó que el tratamiento T2 (formulado con 0,20 g de aceite esencial de hinojo, 0,09 g de sales de nitrito y 8,781 g de sal) presentó la mejor aceptación general de acuerdo con el análisis sensorial realizado por los 60 catadores.
- Se determinó un tiempo de vida útil de aproximadamente de 25 días a una temperatura de refrigeración de 4°C para el mejor tratamiento T2 (0.20 g aceite esencial de hinojo + 0,09 g sales de nitrito 8,781 g de sal). Durante los controles de la vida útil de la hamburguesa de res con aceite esencial de hinojo los niveles microbiológicos se mantuvieron en el límite mínimo permitido cumpliendo con la norma NTE INEN 1338:2012.

5.2. RECOMENDACIONES

- Con base en los resultados obtenidos en este estudio, se recomienda analizar la interacción del aceite esencial con otros aditivos naturales (como extractos antioxidantes o antimicrobianos de origen vegetal) para potenciar su efecto conservante
- Se sugiere estudiar el potencial antioxidante que presenta el aceite esencial de hinojo (*Foeniculum vulgare Mill*) para la aplicación en otros productos cárnicos.
- Se sugiere aplicar diferentes técnicas de empaquetado en productos cárnicos, con empaques de polietileno o polipropileno que permitan alcanzar un tiempo de vida útil mayor a 4 semanas.
- Se recomienda experimentar con diferentes temperaturas de refrigeración y congelación de las hamburguesas de res, para garantizar su calidad e inocuidad durante el tiempo de conservación y así extender su tiempo de vida útil.
- Se recomienda de igual manera considerar o buscar diferentes empaques de productos cárnicos como bolsas de polietileno o polipropileno debido a que influyen en el tiempo de vida útil.

V.I REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguilar, J. (2019). *Repositorio Universidad Nacional Jose María Arguedas*. Obtenido de Extracción y caracterización físicas y químicas del aceite esencial de hinojo por metodos de arrastre de vapor y Soxhlet: https://repositorio.unajma.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14168/568/Junior_Tesis_Bachiller_2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Astorga, R. d. (16 de Mayo de 2019). *ANÁLISIS TÉCNICO Y ECONÓMICO DEL PROCESO DE OBTENCIÓN DE ACEITE ESENCIAL DE HINOJO*. Obtenido de repositoriodigital.tuxtli: repositoriodigital.tuxtli
- Baca, L., & Yábar, A. (10 de Julio de 2016). *Repositorio Universidad Andina Del Cusco*. Obtenido de EFECTO ANTIBACTERIANO IN VITRO DE LOS ACEITES ESENCIALES DE: FOENICULUM VULGARE (HINOJO), CIMBOPOGON CITRUS (HIERBA LUISA), ORIGANUM VULGARE (OREGANO), CITRUS AURANTIFOLIA WINGLE (LIMON) Y CITRUS SINESIS (NARANJA), FRENTE A CEPAS ESTANDARIZADAS DE STREPTO: <https://repositorio.uandina.edu.pe/item/73d33535-9dbb-48a6-bf92-bc3bbf95296f>
- Esteban, J. I. (19 de Julio de 2015). *docta.ucm*. Obtenido de Universidad Complutense: <https://docta.ucm.es/rest/api/core/bitstreams/b1e60e6d-ef73-435c-8a65-6cb1c0df18db/content>
- Esteban, J. I. (22 de Julio de 2015). *El hinojo (Foeniculum vulgare Mill.) en las Ciencias Farmaceuticas*. Madrid: Facultad de farmacia . Obtenido de Facultad de Farmacia Universidad Complutense: <https://docta.ucm.es/rest/api/core/bitstreams/b1e60e6d-ef73-435c-8a65-6cb1c0df18db/content>
- Francisco C, I., Ibañez, F., Torre, P., & Irigoyen, A. (2016). Aditivos alimentarios. *Universidad Publica de Navarra*, 1-10.
- Gomez, L. R. (21 de Abril de 2015). *uta.edu.ec*. Obtenido de Universidad Tecnica de Ambato: [https://www.semanticscholar.org/paper/Efecto-de-los-aceites-esenciales-de-lim%C3%B3n-\(Citrus-y-G%C3%Bmez-Renato/f4e69af84f159f7bc0ac38e63b54e96702935429](https://www.semanticscholar.org/paper/Efecto-de-los-aceites-esenciales-de-lim%C3%B3n-(Citrus-y-G%C3%Bmez-Renato/f4e69af84f159f7bc0ac38e63b54e96702935429)
- Hernández, M. (13 de Septiembre de 2021). *Repositorio Universidad Central Del Ecuador* . Obtenido de Estudio sobre el uso de aceites esenciales para la conservación de productos lácteos y cárnicos : <https://www.dspace.uce.edu.ec/server/api/core/bitstreams/84cb5d7c-da23-4f42-bd36-b6eb74cd069c/content>

- Hijar Rofriguez, L., llave Huamani, D. W., & Artica Galarza, L. W. (27 de Febrero de 2019). *Universidad Nacional del Callao*. Obtenido de 4EXTRACCION POR ARRASTRE DE VAPOR DEL ACEITE ESENCIAL DEL HINOJO (Foeniculum vulgare) Ysu CARACTERIZACION":/Users/HP/Downloads/Hijar%20,%20llave%20y%20Artica%20%20_TESIS_2017.pdf
- Huamán, M. (18 de Noviembre de 2020). *Universidad Nacional Jose Maria Arguedas*. Obtenido de EVALUACIÓN DE LA INFLUENCIA DEL ACEITE ESENCIAL DE HUACATAY (Tagetes minuta) EN LA CONSERVACIÓN DE LA HAMBURGUESA DE CARNE DE RES (Bos taurus): https://repositorio.unajma.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14168/595/Michael_Tesis_Bachiller_2020.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Londoño, M., & Davahiva, B. (10 de Octubre de 2020). Nitratos y nitritos, la doble cara de la moneda. *Revista de Nutrición Clínica y Metabolismo*, págs. 1-15.
- Londoño, M., & Gomez, B. (2020). Nitratos y nitritos la doble cara de la moneda. *Revista de nutrición clínica y metabolismo*, 1-10. Obtenido de https://bibliotecadigital.udea.edu.co/bitstream/10495/25323/1/Londo%c3%b1o%20Mateo_2020_NitratosNitritosDobleCara.pdf
- López, R. (21 de Noviembre de 2018). *Repositorio Escuela Superior Politécnica de Chimborazo*. Obtenido de UTILIZACIÓN DE ACEITES ESENCIALES DE LA PLANTA TIPO (Minthostachys mollis), PARA LA CONSERVACIÓN DE CARNE DE HAMBURGUESA": <https://dspace.espace.edu.ec/items/81871076-ffab-49a6-81e1-8d13b292e406>
- Martinez, A. (2003). *Aceites esenicales*. Medellin: Med-informatica.
- OECD/FAO. (2023). *OCDE-FAO Perspectivas Agrícolas 2023-2032*. Paris: <https://doi.org/10.1787/2ad6c3ab-es>.
- Pelayo, M. (2009). Nuevos conservantes de origen vegetal para embutidos. *Consumer.Org*, 1-15.
- Pollorena, G. (Agosto de 2012). *Repositorio Institucional CIAD*. Obtenido de CAPACIDAD ANTIOXIDANTE Y ANTIMICROBIANA DE EXTRACTOS DE HOJAS DE Agave angustifolia Haw Y SU EFECTO SOBRE LA CALIDAD DE HAMBURGUESAS DE RES: https://ciad.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1006/244/1/POLLORENA%20LOPEZ_2012_MC.pdf
- Segovia, S. R. (23 de Octubre de 2014). *dspace.ups*. Obtenido de Universidad Politecnica salesiana: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/7009/1/UPS-CT003676.pdf>

- Shamkant B., B., Vainav V., P., & Atmaram H., B. (2014). *Foeniculum vulgare* Mill: una revisión de su botánica, fitoquímica, farmacología, aplicación contemporánea y toxicología. *Department of Biochemistry, National Institute for Research in Reproductive Health*, 4-5.
- Trujillo, E. (21 de Noviembre de 2018). *Repositorio Universidad Técnica Estatal de Quevedo*. Obtenido de Evaluación de la actividad antimicrobiana del aceite esencial de *Ocimum Basilicum* L. (Albahaca) para ser aplicado en la conservación de hamburguesas de res y de pollo.: <https://repositorio.uteq.edu.ec/server/api/core/bitstreams/861c127f-e962-431b-ae2d-5ca8c34853f5/content>
- Ventanas, S., Martín, D., Estévez, M., & Ruiz, J. (2015). *Nitratos, nitritos y nitrosaminas en productos Carnicos*. Badajoz: Researchgate.
- Villamil-Galindo, E., & Piagentini, A. (2021). El uso de Nitratos y Nitritos en la Industria cárnica, lo bueno, lo malo y el modelado matemático para optimizar su uso. *Revista de la Asociación Colombiana de Ciencia Y Tecnología de Alimentos*, 23.36.
- Aguilar Serna, Junior Jhasiro. 2019. «EXTRACCIÓN Y CARACTERIZACIÓN FÍSICAS Y QUÍMICA DEL ACEITE ESENCIAL DE HINOJO (*Foeniculum vulgare* Miller) POR LOS MÉTODOS DE ARRASTRE DE VAPOR Y SOXHLET.» Universidad Nacional José María Arguedas. https://repositorio.unajma.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14168/568/Junior_Tesis_Bachiller_2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y.
- Aguilera, Nicole. 2018. «Composición nutricional de hamburguesas de vacuno, pollo y cerdo». Tesis, ODECU.
- Alonso, José Ignacio Alonso. 2015. «El hinojo (*Foeniculum vulgare* Mill.) en las Ciencias Farmacéuticas». Universidad Complutense de Madrid. <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/11652/1/84T00603.pdf>.
- Alvarado Foronda, Jhoselyn. 2018. *Elaboración de carne deshidratada, seca, charqui o chalona de Ovino Elaboration of dehydrated, dry, charqui or chalona of Sheep*. 2 (diciembre): 11. C:/Users/Kathy/Downloads/admin,+13-Elaboración+de+carne+deshidratada.pdf.
- Alvarez, Margarito, y Lilia Alcaraz. 2012. *Procedimientos para la extracción de aceites esenciales en plantas aromáticas*. Centro de investigaciones Biológicas del noreste. La Paz. https://cibnor.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1001/540/1/rodriguez_m.pdf.
- Andino Rugama, Flavia. 2010. *Microbiología de los alimentos*: 1: 63.
- Astorga, Rafael. 2019. «ANÁLISIS TÉCNICO Y ECONÓMICO DEL PROCESO DE OBTENCIÓN DE ACEITE ESENCIAL DE HINOJO». Tecnológico Nacional de

- Mexico.
<http://repositoriodigital.tuxtla.tecnm.mx/xmlui/handle/123456789/3123>.
- Avila, Carlos Omar Jesús, y Jani Pamela Carbajal. 2018. «Elaboración de hamburguesas de pulpa de anchoveta (*engraulisringeus*) y torta desgrasada de *ajonjoli* (*sesamumindicum*)». https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UNSR_dd6e27954536792c0a421ab5c42a13a2. CONCYTEC.
- Aza, Jorge E, y Luz P Restrepo. 2012. *EL GLUTAMATO MONOSODICO: INFLUENCIA DE SU CONSUMO SOBRE ALGUNOS FACTORES METABOLICOS DE RATONES Y EN EL AUMENTO DE LA APETENCIA*. 19 (1): 4.
- Badgujar, Shamkant B, y Vainav V Patel. 2014. *Foeniculum vulgare Mill: una revisión de su botánica, fitoquímica, farmacología, aplicación contemporánea y toxicología*. *Biomed Res Int*, agosto 3. <https://doi.org/10.1155/2014/842674>.
- Carbajal, Vega, y Carlos Ávila. 2018. «ELABORACIÓN DE HAMBURGUESAS DE PULPA DE ANCHOVETA (*Engraulisringeus*) Y TORTA DESGRASADA DE AJONJOLI (*Sesamumindicum*)». Universidad Nacional Del Santa.
- Carguacundo, Verónica Alexandra Valdiviezo. 2010a. «Estudio del efecto de diferentes niveles de carragenato en la jugosidad de la carne de res». Escuela Superior Politecnica de Chimborazo. <https://dspace.esPOCH.edu.ec:8080/server/api/core/bitstreams/6594f63f-3827-4588-b9fa-e216e06f0618/content>.
- Carguacundo, Verónica Alexandra Valdiviezo. 2010b. «Estudio del efecto de diferentes niveles de carragenato en la jugosidad de la carne de res». ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO. <https://dspace.esPOCH.edu.ec:8080/server/api/core/bitstreams/6594f63f-3827-4588-b9fa-e216e06f0618/content>.
- Carillo, María, y Abigail Reyes. 2013. *Vida útil de los alimentos*.
- Casado Villaverde, Irene. 2018. «Optimización de la extracción de aceites esenciales por destilación en corriente de vapor». Universidad Politécnica de Madrid. https://oa.upm.es/49669/1/TFG_IRENE_CASADO_VILLAVERDE.pdf.
- Ceballos, Valeria, y Lina Londoño. 2019. *Aceites Esenciales en la conservación de alimentos*. Vol. 2. Pereira. <file:///C:/Users/Kathy/Downloads/portalderevistas,+4.+ACEITES+ESENCIALES+.pdf>.
- Cisneros, César, y Maria Bedoya. 2022. *FOENICULUM VULGARE (HINOJO): ALTERNATIVA TERAPÉUTICA FEMENINA*. http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1817-74332022000100049.

- Cisneros Hilario, César Braulio, María Paula Bedoya Castillo, Betsy Alexandra Lazaro Huamán, et al. 2022. «FOENICULUM VULGARE (HINOJO): ALTERNATIVA TERAPÉUTICA FEMENINA». *Revista Científica Ciencia Médica* 25 (1): 49-57. <https://doi.org/10.51581/rccm.v25i1.468>.
- Colmenero, Jimenez, J Carballo, y S Cofrades. 2001. *Carne y Productos Cárnicos Más Saludables: Su Papel Como Alimentos Funcionales*. 59 (1). [https://doi.org/10.1016/S0309-1740\(01\)00053-5](https://doi.org/10.1016/S0309-1740(01)00053-5).
- Cordero, Alberto. 2021. «PRESENCIA DE *Staphylococcus aureus* EN CARNE PORCINA QUE SE EXPENDEN EN LOS MERCADOS MUNICIPALES DEL SURESTE DE GUAYAQUIL». Tesis, Universidad Agraria Del Ecuador.
- Cordero, Romina. 2024. «Análisis bromatológico de seis alimentos balanceados para *Felis catus* desde el destete hasta los 12 meses de edad». Universidad de Cuenca.
- De La Fuente Salcido, Norma Margarita, y José Eleazar Barboza Corona. 2010. «Inocuidad y bioconservación de alimentos». *Acta Universitaria* 20 (1): 43-52. <https://doi.org/10.15174/au.2010.76>.
- Delgado, Andrea, y Lander Pérez. 2024. ANÁLISIS BROMATOLÓGICO DE LA CARNE DE RES Y CERDO QUE SE EXPENDE EN LA PROVINCIA DE TUNGURAHUA. junio.
- Díaz, Mauricio, y M V García. 2016. *Elaboración de hamburguesas de carne vacuna libre de gluten*. diciembre 16.
- Domínguez, Miguel Angel. 2014. «Análisis sensorial». Tesis, Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla.
- Dueñas-Ruiz, Antonio, Marta Ruiz-Mambrilla, María Begoña Coco-Martín, y Antonio Dueñas-Laita. 2023. «Aditivos de los alimentos (food additives)». *food additives* 1: 13. <http://www.nutricionclinicaenmedicina.com/>.
- Espino, Lucero. 2018. «Recuento de bacterias aerobias mesófilas totales en canales bovinas mediante el método de hisopado en un camal de Lima Metropolitana». Universidad Nacional Mayor De San Marcos.
- García, Gonzalo. 1986. «Las Hamburguesas en la alimentación». Publicación, Universidad Complutense (Madrid).
- García, Karla Fernanda Cevallos, María del Pilar Quiñonez Alvarado, Ronald Ricardo Jiménez Delgado, Jimena Carolina Taco Rivera, y Janena Alexandra Arellano Huerta. 2023. «Estudio de vida útil de una hamburguesa con especias en la planta de procesos del Instituto Superior Tecnológico Tsa'chila.: Shelf life study of a hamburger with spices in the process plant of the Tsa'chila Higher Technological Institute.» *Revista Científica Multidisciplinar G-nerando* 4 (2). <https://doi.org/10.60100/rcmg.v4i2.134>.
- García, y Henry Rogríguez. 2019. *Revista UDO Agrícola* 9 (4): 951-962. 2009 951 *Evaluación física y proximal de la carne para hamburguesas elaborada a partir*

de pulpa de cachama blanca (*Piaractus brachypomus*) con harina de soya texturizada. octubre 15.

- Godoy, Claudia, y Rodrigo Restrepo. 2022. «La sal en la alimentación». <https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/VS/PP/SNA/sal-en-alimentacion.pdf>.
- Gonzales, Elizabeth. 2023. *DESARROLLO DE UNA HAMBURGUESA DE CARNE RESTRUCTURADA*. 1 (6): 1. file:///C:/Users/Kathy/Downloads/11+Guido+Riera-Gonz%C3%A1lez-DESARROLLO+DE+UNA+HAMBURGUESA+DE+CARNE+RESTRUCTURADA+REV+JP.pdf.
- Grados, Andrea, y Ana Paula Tamayo. 2022. «ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD PARA LA INSTALACIÓN DE UNA PLANTA DE PRODUCCIÓN DE HAMBURGUESAS DE POTA (*Dosidicus gigas*) CON EMPANIZADO A BASE DE QUINUA (*Chenopodium quinoa Willdenow*) Y KIWICHA (*Amaranthus caudatus Linnaeus*)». Universidad de Lima.
- Granja, Jocelyn, y Johana Rosero. 2020. «Elaboración de hamburguesa respectivamente a base de harina de cáscara de plátano (*Musa paradisiaca* L) y dos tipos de pescado: Tilapia roja (*Oreochromis mossambicus*) y Sábalo (*Brycon*)». Universidad Estatal Amazónica.
- Hassan, Safa, Portanguen Stéphane, y Mirade Pierre-Sylvain. 2017. *Reducir Los Niveles de Sodio, Grasas Animales Saturadas y Nitrito En Productos Cárnicos de Cerdo Curados En Seco: Un Gran Desafío*. 8 (4). <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>.
- Hilvay, Luis. 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*)”». Universidad Técnica de Ambato.
- Huamán, Michael. 2020. «EVALUACIÓN DE LA INFLUENCIA DEL ACEITE ESENCIAL DE HUACATAY (*Tagetes minuta*) EN LA CONSERVACIÓN DE LA HAMBURGUESA DE CARNE DE RES (*Bos taurus*)». Tesis, Universidad Nacional José María Arguedas.
- Leon Ponce, Nicole, y Ailin Masaquiza Robalino. 2017. «Efecto antioxidante y antimicrobiano de tres especies vegetales para la preservación de productos carnicos con contenido graso.» Universidad de las Americas. <https://dspace.udla.edu.ec/bitstream/33000/9000/1/UDLA-EC-TIAG-2017-43.pdf>.
- Londoño Pereira, Mateo, y Briana Davahiva Gómez Ramírez. 2021. «Nitratos y nitritos, la doble cara de la moneda». *Revista de Nutrición Clínica y Metabolismo* 4 (1): 110-19. <https://doi.org/10.35454/rncm.v4n1.202>.

- Lopez, Aura. 2017. *Extracción por Soxhlet de grasa en muestras de carnes*. https://www.academia.edu/27991798/Extracci%C3%B3n_por_Soxhlet_de_grasa_en_muestras_de_carnes
- López, Rosa. 2018. «“UTILIZACIÓN DE ACEITES ESENCIALES DE LA PLANTA TIPO (*Minthostachys mollis*), PARA LA CONSERVACIÓN DE CARNE DE HAMBURGUESA”». Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.
- Lopez, Rosa Estefanía López, Paúl Roberto Pino Falconí, Telmo Marcelo Zambrano Núñez, y Roger Badin Paredes Guerrero. 2019. «Utilización de aceites esenciales de la planta tipo (*Minthostachys mollis*) para la conservación de carne de hamburguesa.» *Ciencia Digital* 3 (2.6): 332-48. <https://doi.org/10.33262/cienciadigital.v3i2.6.570>.
- Martínez, Alejandro. 2003. «Aceites Esenciales». Universidad de Antioquia. https://meinformatica.com/OBSERVAMED/Descripciones/AceitesEsencialesUdeA_esencias2001b.pdf.
- Mendoza Martinez, Eduardo, y Maria Calvo Carrillo. 2012. *Toxicología de los Alimentos*. Vol. 1. McGraw Hill. https://www.ingebook.com/ib/NPcd/IB_BooksVis?cod_primaria=1000187&codigo_libro=6689.
- Naaz, Sheeba, Nadeem Ahmad, M. Irfan Qureshi, Nadeem Hashmi, Mohd Sayeed Akhtar, y M. Masroor A. Khan. 2022. «Antimicrobial and antioxidant activities of fennel oil». *Bioinformation* 18 (9): 795-800. <https://doi.org/10.6026/97320630018795>.
- NTE INEN 781. 1985. «781 Norma INEN PARA Analizar Nitrógeno EN Productos Cárnicos - CDU: 637 AL 03- Norma Técnica». Studocu. <https://www.studocu.com/ec/document/universidad-de-guayaquil/analisis-de-alimentos/781-norma-inen-para-analizar-nitrogeno-en-productos-carnicos/12457513>.
- NTE INEN 1338:96 (1996. s. f. Quito-Ecuador.
- NTE INEN 1338:2012. 2012. «Nte inen 1338-3 - INVESTIGACION - Tratado de fisiología Médica - INSTITUTO ECUATORIANO DE - Studocu». Studocu. <https://www.studocu.com/ec/document/universidad-tecnica-de-cotopaxi/microbiologia/nte-inen-1338-3-investigacion-tratado-de-fisiologia-medica/45613702>.
- NTE INEN 1345:96. 1996. Informe Primera revisión. Instituto ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN. Quito-Ecuador. <https://es.scribd.com/document/591317298/Inen>.
- NTE INEN ISO 750. 2013. «nte_inen_iso_750_C.pdf - Google Drive». <https://drive.google.com/file/d/1oDZGwp-W4t2K7Nx-UOaPUHMzbV3zRcE6/view>.

- NTE INEN ISO 936. 2013. «Cenizas INEN | PDF | Organización internacional para la estandarización | Naturaleza». <https://es.scribd.com/document/436613404/Cenizas-INEN>.
- NTE INEN ISO 2917. 2013. «nte_inen_iso_2917_c.pdf». Google Docs. https://drive.google.com/file/d/1A0mQzRNlIbx_R71clF_556udk_p0ROJyA/view?usp=sharing&usp=embed_facebook.
- NTE INTEN ISO 1442. 2013. «Nte Inen Iso 1442 | PDF | Organización internacional para la estandarización | Science». Scribd. <https://es.scribd.com/document/514340958/nte-inen-iso-1442>.
- Ospina, Silvia, Diego Restrepo, y Jairo López. 2011. «Caracterización Microbiológica y Bromatológica de Hamburguesas Bajas en Grasa con Adición de Fibra de Banano Verde Integro». *Revista Facultad Nacional de Agronomía* 64 (1): 14. <https://www.redalyc.org/pdf/1799/179922364022.pdf>.
- Peiro Saz, Pablo, y Maria Carmen Tejero Lainez. 2020. *EL AJO. ALLIUM SATIVUM*. enero 17. file:///C:/Users/Kathy/Downloads/Dialnet-EIAjo-7248988.pdf.
- Peña, Evelyn Adriana. 2023. «“EFICACIA DEL ACEITE ESENCIAL DE HINOJO (Foeniculum vulgare) EN EL TRATAMIENTO DE SÍNDROME DE INTESTINO IRRITABLE”». Instituto Superior Dr. Misael Acosta S. <https://dspace.istmas.edu.ec/handle/123456789/120>.
- Perez, Jennis, y Urselia Hernández. 2017. *Efecto de la harina de yuca sobre la calidad de una hamburguesa*.
- Quinatoa, Evelyn, y Cynthia Tates. 2024. «Efecto de la reducción de sales de nitrito y uso de bacterias ácido lácticas (Lactobacillus sakei y Lactobacillus plantarum) en la elaboración de chorizo madurado (tipo español)». Universidad Politécnica Estatal del Carchi.
- Raimondo, Emilia, Silvia Farah, Tatiana Figueras, et al. 2020. *HAMBURGUESAS CON MEJOR PERFIL NUTRICIONAL*. 21.
- Ramírez, Cynthia. 2021. «Efecto del tipo de tratamiento térmico sobre la calidad de hamburguesa de res adicionados con pasta de tomate». Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A.C. <https://ciad.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1006/1462/1/Cynthia%20Guadalupe%20Ram%C3%ADrez%20Valenzuela.pdf?utm>.
- Ruiz, Candy, Camilo Díaz, y Rosario Rojas. 2015. «Composición química de aceites esenciales de 10 plantas aromáticas peruanas». *Revista de la Sociedad Química del Perú* 81 (2): 81-94. http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1810-634X2015000200002&lng=es&nrm=iso&tlng=pt.

- Sánchez, Jacqueline, y Carlos Delgado. 2011. *Análisis de la producción y consumo de carne en la provincia de Chimborazo, Ecuador*. 4 (21): 11. <https://doi.org/10.33262/concienciadigital.v4i2.1.1709>.
- Sánchez, Manuel Francisco Ortuño. 2006. *Manual práctico de aceites esenciales, aromas y perfumes*. Aiyana ediciones.
- Stadnik, Joanna. 2024. «Nutritional Value of Meat and Meat Products and Their Role in Human Health». *Nutrients* 16 (10): 1446. <https://doi.org/10.3390/nu16101446>.
- Tapia Barrios, Jhon Alexis, y Karen Mmilagos Quintan Pintado. 2022. «CONSERVACIÓN DE HAMBURGUESA DE RES CON ACEITE ESENCIAL DE ORÉGANO (*Origanum vulgare*)». Universidad Nacional del Jaen. https://repositorio.unj.edu.pe/bitstream/UNJ/434/1/Tapia_BJA_Quintana_PKM.pdf.
- Tapia, Johathan. 2022. «Implementación de métodos combinados para la conservación de carnes de res». Universidad Técnica de Machala. https://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/19665/1/E-4879_TAPIA%20PACHECO%20JONATHAN%20MANUEL.pdf.
- Torres, Elizabeth. 2022. «Hamburguesas de carne con la adición de aloe vera para reducir el nivel de grasa». Universidad Nacional San Luis Gonzaga.
- Toscano, Jessica. 2021. «“EVALUACIÓN DE DIFERENTES PROPORCIONES DE SUSTRATOS EN EL CRECIMIENTO DE PLÁNTULAS DE UVILLA (*Physalis peruviana*)”». Tesis, Universidad Técnica de Ambato.
- Trujillo Wong, Estefania. 2018. «EVALUACIÓN DE LA ACTIVIDAD ANTIMICROBIANA DEL ACEITE ESENCIAL DE *Ocimum Basilicum* L. (ALBAHACA) PARA SER APLICADO EN LA CONSERVACIÓN DE HAMBURGUESAS DE RES Y DE POLLO.”». Tesis, Universidad Técnica Estatal de Quevedo.
- Urbina, Diego. 2017. «EFECTO DE LA PROTEÍNA TEXTURIZADA DE SOYA (MAXTEN R 100) Y POLIFOSFATO (CARFOSEL900), EN CARNE DE POLLO PARA HAMBURGUESA». Universidad Técnica del Norte.
- Villamil Galindo, Esteban, y Marcela Piagentini. 2021. *El uso de Nitratos y Nitritos en la Industria cárnica, lo bueno, lo malo y el modelado matemático para optimizar su uso. Una revisión*. noviembre. https://ri.conicet.gov.ar/bitstream/handle/11336/167327/CONICET_Digital_Nro_b483f76d-e8f0-4854-b1f6-2896ea81f076_B.pdf?sequence=2.
- Vu, Giang, Hualu Zhou, y David Julian McClements. 2022. «Impact of cooking method on properties of beef and plant-based burgers: Appearance, texture, thermal properties, and shrinkage». *Journal of Agriculture and Food Research* 9 (septiembre): 100355. <https://doi.org/10.1016/j.jafr.2022.100355>.
- Wesam, Kooti, y Moradi Maryam. 2014. «Potencial terapeutico y farmacologico de *Foeniculum vulgare* Mill: una revision». *Revista de Farmacologia Herb Med* 4 (diciembre): 9. file:///C:/Users/Kathy/Downloads/JHP-4-1.pdf.

VII ANEXOS

Anexo 1. Acta de la sustentación de Predefensa del TIC

0000101

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA ESTATAL DEL CARCHI

FACULTAD DE INDUSTRIAS AGROPECUARIAS Y CIENCIAS AMBIENTALES

CARRERA DE ALIMENTOS

ACTA

DE LA SUSTENTACIÓN ORAL DE LA PREDENSA DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

ESTUDIANTE:	Jhon Michael Cabezas Fernández	CÉDULA DE IDENTIDAD:	1003747142
PERIODO ACADÉMICO:	2025B		
RESIDENTE TRIBUNAL:	MSc. Liliana Margoth Chamorro Hernández	DOCENTE TUTOR:	MSc. Wilman Jenny Yambay Vallejo
JOCENTE:	PhD. Gualberto Gerardo León Revelo		
TEMA DEL TIC:	"Sustitución parcial de sales nitrificantes por aceite de Hinojo (Foeniculum vulgare Mill) como conservante natural en hamburguesas de Res"		

No.	CATEGORÍA	Evaluación cuantitativa	OBSERVACIONES Y RECOMENDACIONES
1	PROBLEMA - OBJETIVOS	9.00	Actualizar el tema de acuerdo al trabajo que se realizó y que vayan en concordancia con los objetivos y variables establecidas. Cambiar los verbos y revisar el primer objetivo haciendo énfasis en la jerarquía
2	FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA	9.00	
3	METODOLOGÍA	7.33	Corregir la operacionalización de las variables de acuerdo a los tratamientos
4	RESULTADOS	8.33	Corregir la parte de resultados del análisis sensorial
5	DISCUSIÓN	9.00	
6	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	8.67	
7	DEFENSA, ARGUMENTACIÓN Y VOCABULARIO PROFESIONAL	8.67	
8	FORMATO, ORGANIZACIÓN Y CALIDAD DE LA INFORMACIÓN	8.00	Revisión de ortografía y redacción

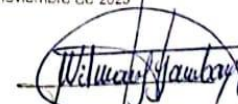
Obteniendo una nota de: **8.40** Por lo tanto, **APRUEBA** ; debiendo el o los investigadores acatar el siguiente artículo:

Art. 36.- De los estudiantes que aprueban el informe final del TIC con observaciones.- Los estudiantes tendrán el plazo de 10 días para proceder a corregir su informe final del TIC de conformidad a las observaciones y recomendaciones realizados por los miembros del Tribunal de sustentación de la pre-defensa.

Para constancia del presente, firman en la ciudad de Tulcán el **martes, 11 de noviembre de 2025**



MSc. Liliana Margoth Chamorro Hernández
PRESIDENTE TRIBUNAL



MSc. Wilman Jenny Yambay Vallejo
DOCENTE TUTOR



PhD. Gualberto Gerardo León Revelo
DOCENTE

Anexo 2. Certificado del abstract por parte de idiomas



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA ESTATAL DEL CARCHI FOREIGN
AND NATIVE LANGUAGES CENTER

ABSTRACT- EVALUATION SHEET				
NAME: CABEZAS FERNÁNDEZ JHON MICHAEL DATE: Lunes, 24 de noviembre de 2025 Topic: "Uso del aceite esencial de hinojo (Foeniculum vulgare Mill.) como alternativa natural para reducir sales de nitrato y cloruro de sodio en la elaboración de hamburguesas de res" MARKS AWARDED				
		QUANTITATIVE AND QUALITATIVE		
VOCABULARY AND WORD USE	Use new learnt vocabulary and precise words related to the topic	Use a little new vocabulary and some appropriate words related to the topic	Use basic vocabulary and simplistic words related to the topic	Limited vocabulary and inadequate words related to the topic
	EXCELLENT: 2 <input type="checkbox"/>	GOOD: 1,5 <input checked="" type="checkbox"/>	AVERAGE: 1 <input type="checkbox"/>	LIMITED: 0,5 <input type="checkbox"/>
WRITING COHESION	Clear and logical progression of ideas and supporting paragraphs.	Adequate progression of ideas and supporting paragraphs.	Some progression of ideas and supporting paragraphs.	Inadequate ideas and supporting paragraphs.
De	EXCELLENT: 2 <input checked="" type="checkbox"/>	GOOD: 1,5 <input type="checkbox"/>	AVERAGE: 1 <input type="checkbox"/>	LIMITED: 0,5 <input type="checkbox"/>
ARGUMENT	The message has been communicated very well and identify the type of text	The message has been communicated appropriately and identify the type of text	Some of the message has been communicated and the type of text is little confusing	The message hasn't been communicated and the type of text is inadequate
	EXCELLENT: 2 <input checked="" type="checkbox"/>	GOOD: 1,5 <input type="checkbox"/>	AVERAGE: 1 <input type="checkbox"/>	LIMITED: 0,5 <input type="checkbox"/>
CREATIVITY	Outstanding flow of ideas and events	Good flow of ideas and events	Average flow of ideas and events	Poor flow of ideas and events
	EXCELLENT: 2 <input type="checkbox"/>	GOOD: 1,5 <input checked="" type="checkbox"/>	AVERAGE: 1 <input type="checkbox"/>	LIMITED: 0,5 <input type="checkbox"/>
SCIENTIFIC SUSTAINABILITY	Reasonable, specific and supportable opinion or thesis statement	Minor errors when supporting the thesis statement	Some errors when supporting the thesis statement	Lots of errors when supporting the thesis statement
	EXCELLENT: 2 <input checked="" type="checkbox"/>	GOOD: 1,5 <input type="checkbox"/>	AVERAGE: 1 <input type="checkbox"/>	LIMITED: 0,5 <input type="checkbox"/>
TOTAL/AVERAGE	9 - 10: EXCELLENT 7 - 8,9: GOOD 5 - 6,9: AVERAGE 0 - 4,9: LIMITED	TOTAL 9		



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA ESTATAL DEL
CARCHI- FOREIGN AND NATIVE LANGUAGES
CENTER**

**Informe sobre el Abstract de Artículo Científico
o Investigación.**

Autor: CABEZAS FERNÁNDEZ JHON MICHAEL

Fecha de recepción del abstract: Viernes, 21 de noviembre de 2025

Fecha de entrega del informe: Lunes, 24 de noviembre de 2025

El presente informe validará la traducción del idioma español al inglés si alcanza un porcentaje de: 9 – 10 Excelente.

Si la traducción no está dentro de los parámetros de 9 – 10, el autor deberá realizar las observaciones presentadas en el ABSTRACT, para su posterior presentación y aprobación.

Observaciones:

Después de realizar la revisión del presente abstract, éste presenta una apropiada traducción sobre el tema planteado en el idioma Inglés. Según la rúbrica de evaluación de la traducción en Inglés, ésta alcanza un valor de 9; por lo cual se valida dicho trabajo.

Atentamente



MA. Martha Viveros
Responsable del
CIDEN

Anexo 3. Resultados del análisis fisicoquímico de las hamburguesas de res.

Tabla 26. Contenido de proteína en las hamburguesas de res

Tratamientos	Valor medio \pm DS	Rango	Valor p
T1	27.47 \pm 0.83	A	0.9335
T2	26.29 \pm 1.69	A	
T4	26.13 \pm 5.10	A	
T3	25.16 \pm 6.90	A	

Tabla 27. Contenido de grasa en las hamburguesas de res.

Tratamientos	Valor medio \pm DS	Rango	Valor p
T2	20.45 \pm 0.22	A	0.8760
T3	20.39 \pm 0.26	A	
T1	20.35 \pm 0.11	A	
T4	20.28 \pm 0.36	A	

Tabla 28. Contenido de humedad en las hamburguesas de res.

Tratamientos	Valor medio \pm DS	Rango	Valor p
T2	72.93 \pm 0.51	A	0.3176
T3	72.50 \pm 1.19	A	
T1	72.42 \pm 1.31	A	
T4	71.44 \pm 0.32	A	

Tabla 29. Contenido de cenizas en hamburguesas de res

Tratamientos	Valor medio \pm DS	Rango	Valor p
T4	5.50 \pm 0.22	A	0.5386
T3	5.46 \pm 0.35	A	
T2	5.30 \pm 0.57	A	
T1	5.09 \pm 0.16	A	

Tabla 30. Contenido de acidez titulable en hamburguesas de res

Tratamientos	Valor medio \pm DS	Rango	Valor p
T3	0.27 \pm 0.01	A	0.0922
T4	0.23 \pm 0.01	A	
T1	0.20 \pm 0.01	A	
T2	0.19 \pm 0.01	A	

Tabla 31. Valores de pH en las hamburguesas de res

Tratamientos	Valor medio \pm DS	Rango	Valor p
T3	5.80 \pm 0.00	A	0.3539
T4	5.77 \pm 0.00	A	
T1	5.75 \pm 0.00	A	
T2	5.62 \pm 0.00	A	

Anexo 4. Resultados de recuento microbiológico de los tratamientos

Tabla 32. Recuento de microorganismo Aerobios Mesófilos

Aerobios Mesófilos (UFC/g)				
DIA	TRATAMIENTOS			
	T1	T2	T3	T4
0	200	150	120	150
	200	220	240	220
	80	180	180	180
5	2380	2300	2100	2000
	2260	2300	2100	2100
	2220	2200	2220	2100
10	7480	4500	4420	4100
	7500	5500	4460	4500
	7570	4700	4450	4700
15	10890	7800	7770	7800
	10900	8100	7770	8100
	10820	7000	7670	7000
20	1900000	96000	95000	96000
	1980000	105000	108000	105000
	2200000	120000	130000	120000
25	17500000	165000	153000	165000
	18500000	1360000	1700000	1160000
	29400000	1630000	2130000	1240000

Tabla 33. Recuento de microorganismos Staphylococcus aureus

Staphylococcus aureus (UFC/g)				
DIA	TRATAMIENTOS			
	T1	T2	T3	T4
0	0	0	0	0
	0	0	0	0
	0	0	0	0
5	160	60	50	50
	170	60	45	50
	160	50	40	50
10	160	100	270	360
	270	130	250	360
	270	160	260	250
15	390	270	500	330
	410	290	570	300
	580	230	540	320
20	1660	490	770	560
	1630	400	760	500
	1670	430	720	530

	3870	600	810	950
25	3910	680	870	920
	3060	660	810	900

Tabla 34. Recuento de microorganismos *E coli*.

<i>E coli</i>				
DIA	TRATAMIENTOS			
	T1	T2	T3	T4
	0	0	0	1
0	0	0	0	0
	0	0	0	0
	4	0	0	0
5	6	0	0	0
	4	0	0	0
	5	0	0	0
10	7	0	0	0
	4	0	0	0
	80	8	5	3
15	70	6	4	3
	90	8	4	5
	130	30	20	14
20	150	23	30	16
	120	27	60	21
	260	57	810	45
25	270	63	870	49
	280	64	870	51

Tabla 35. Recuento de microorganismo *Salmonella spp*

DIA	TRATAMIENTOS			
	T1	T2	T3	T4
0	0	0	0	0
	0	0	0	0
	0	0	0	0
	0	0	0	0
5	0	0	0	0
	0	0	0	0
	0	0	0	0
	0	0	0	0
10	0	0	0	0
	0	0	0	0
	0	0	0	0
	0	0	0	0
15	0	0	0	0
	0	0	0	0
	0	0	0	0
	0	0	0	0
20	0	0	0	0
	0	0	0	0
	0	0	0	0
	0	0	0	0
25	0	0	0	0
	0	0	0	0
	0	0	0	0
	0	0	0	0

Anexo 5. Gráficos del tiempo de vida útil de 5,10,15,20,25 días

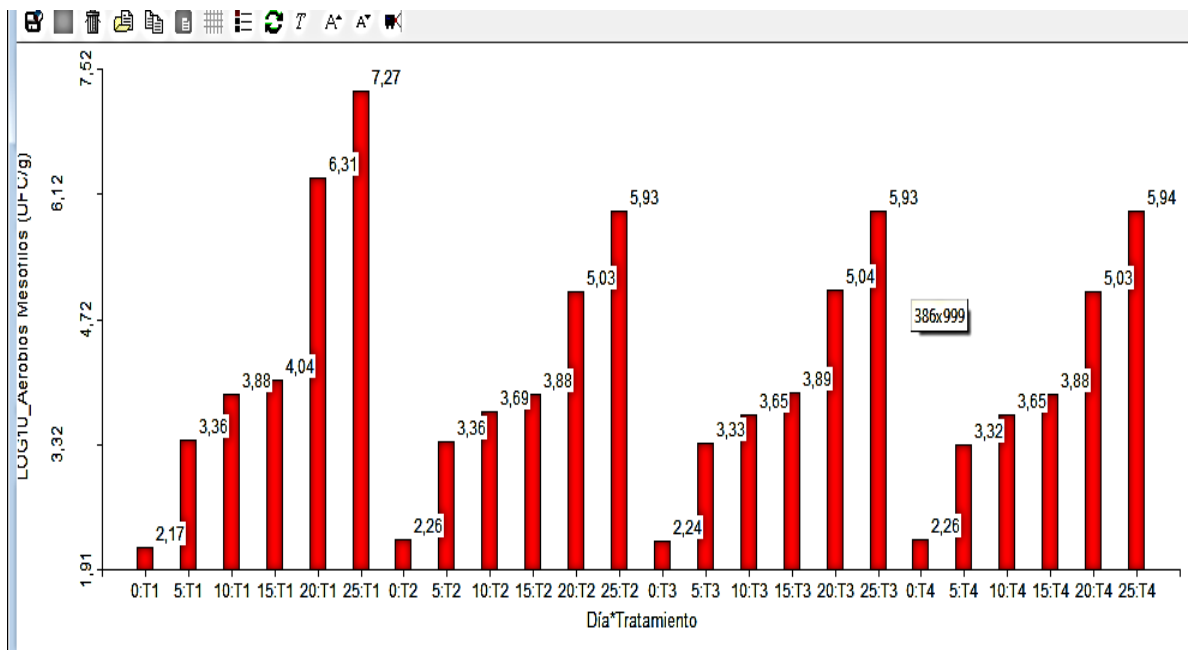


Figura 12. Aerobios mesófilos

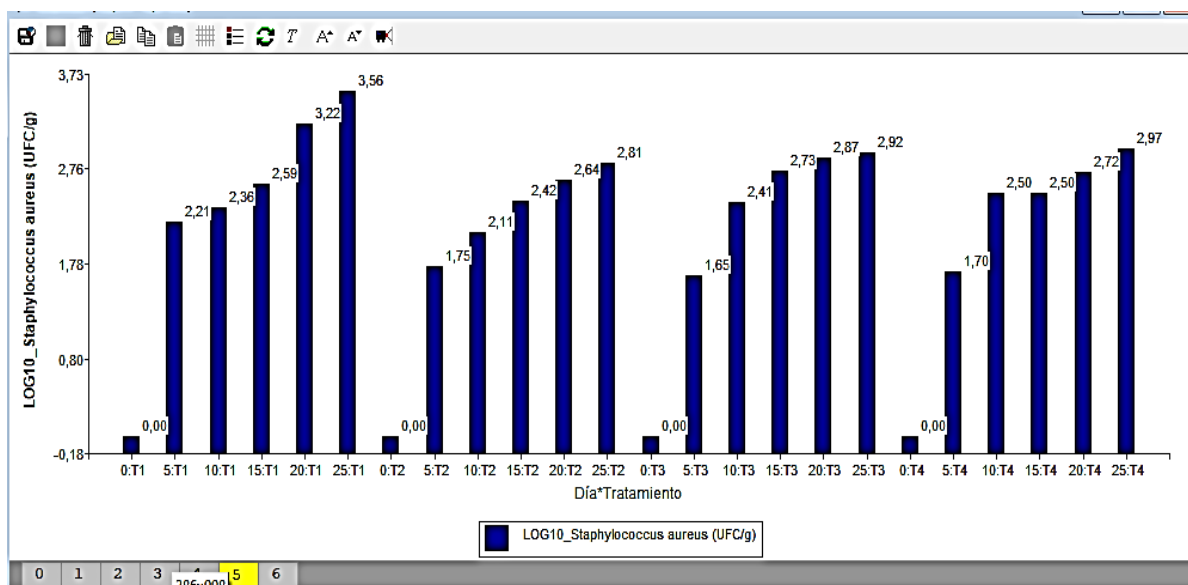


Figura 13. Staphylococcus aureus

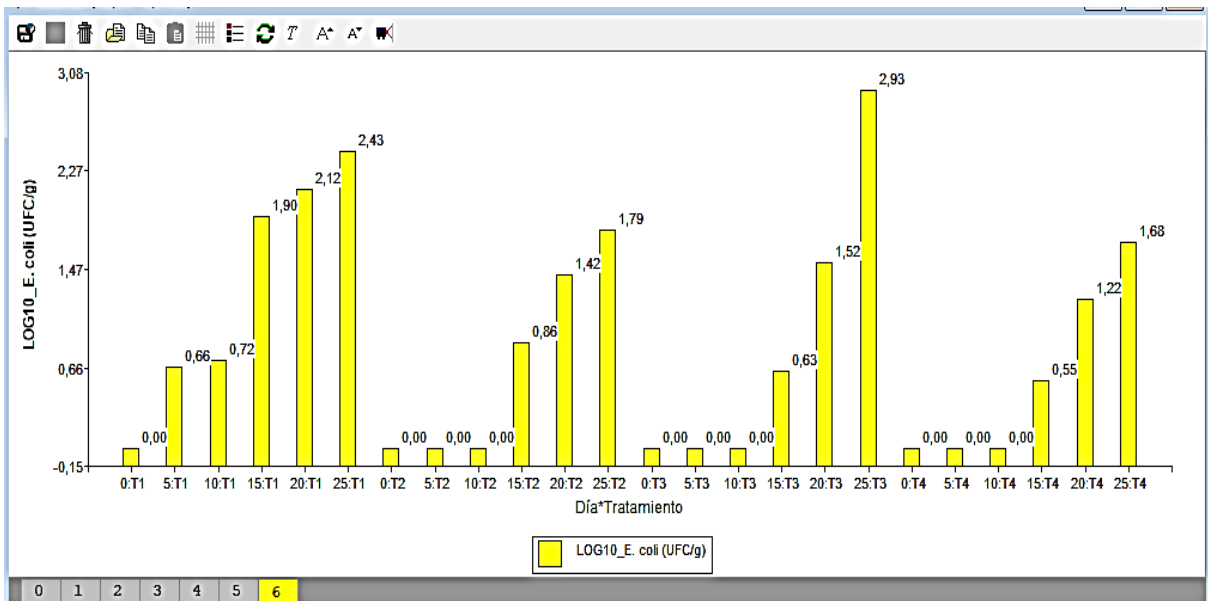


Figura 14. *E. coli*

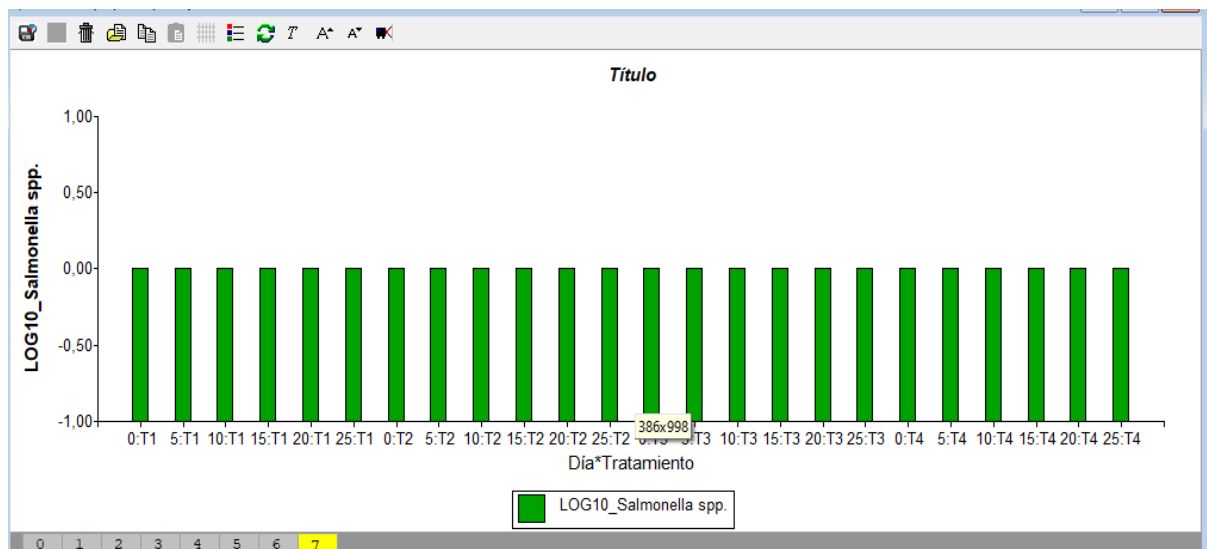


Figura 15. *Salmonella* spp.

Anexo 6. Extracción de Aceite Esencial de Hinojo



Figura 16. Pesado de la materia vegetal



Figura 17. Agregado del agua



Figura 18. Extracción



Figura 19. Evaporación y condensación



Figura 20. Decantación



Figura 21. Almacenado

Anexo 7. Elaboración de Hamburguesas de Res



Figura 22. Pesado de la materia prima

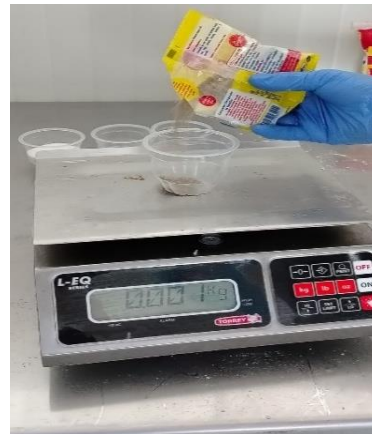


Figura 23. Pesado de las especias



Figura 24. Agregado de las especias y homogenizado



Figura 25. Agregado del Aceite esencial y sales de nitrito



Figura 26. Empacado



Figura 27. Sellado al vacío

Anexo 8. Pruebas Físicoquímicas



Figura 28. Determinación de pH



Figura 29. Determinación de acidez



Figura 30. Determinación de humedad



Figura 31. Determinación de cenizas



Figura 32. Determinación de grasas por el método de Soxhlet



Figura 33. Determinación de Proteínas por el método de Kjeldahl

Anexo 9. Pruebas Microbiológicas



Figura 34. Preparación de muestras y diluciones



Figura 35. Siembra



Figura 36. Placas petrifilm 3M inoculadas



Figura 37. Incubación



Figura 38. Conteo de colonias

Anexo 10. Análisis sensorial



Figura 39. Preparación de las hamburguesas.



Figura 40. Catación de las muestras



Figura 41. Laboratorio de Análisis Sensorial

Anexo 11. Hoja de catación

UNIVERSIDAD POLITECNICA ESTATAL DEL CARCHI
FACULTAD DE INDUSTRIAS AGROPECUARIAS Y CIENCIAS AMBIENTALES
CARRERA DE ALIMENTOS

Fecha: 12/03/2025 Genero: Masculino Edad: 21

Estimado participante, solicito su colaboración para realizar una evaluación sensorial de cuatro muestras del producto del trabajo de investigación de grado "Aceite esencial de Hinojo (*Foeniculum vulgare Mill.*) como conservante de hamburguesas de Res".

Instrucciones:

En la tabla 1 se presenta la escala hedónica con los valores de aceptabilidad:

Tabla 1 Escala de valores de aceptabilidad.

Aceptabilidad	Puntaje
Me gusta mucho	5
Me gusta	4
Ni me gusta ni me disgusta	3
Me disgusta	2
Me disgusta mucho	1

- Frente a usted se presenta cuatro muestras de hamburguesas.
- Antes de degustar evalúe los atributos de color y olor de cada una de las muestras de acuerdo con su agrado.
- Previo a degustar cada muestra tomar agua para limpiar su paladar.
- Evalúe los atributos de sabor y textura de acuerdo con el detalle enunciado en la tabla 1.

Atributos	Muestras			
	335	972	656	442
Color	3	5	4	3
Olor	2	4	3	3
Sabor	5	5	5	3
Jugosidad	5	3	4	3
Textura	1	5	3	2

Ordene de mayor a menor el producto de acuerdo con su preferencia siendo 1 el producto que más le agradó.

1	2	3	4
972	656	442	335

Comentarios:

Gracias por su colaboración