

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA ESTATAL DEL CARCHI



FACULTAD DE INDUSTRIAS AGROPECUARIAS Y CIENCIAS AMBIENTALES

CARRERA DE ALIMENTOS

Tema: “Sustitución parcial de nitritos de sodio por aceite esencial de Cuychupe (*Chenopodium ambrosioides*) en salchichas tipo Frankfurt”

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

AUTOR: Collaguazo Simbaña Edison Rene

TUTORA: Ing. Chamorro Hernández Liliana Margoth, MSc

Tulcán, 2026.

CERTIFICADO DEL TUTOR

Certifico que el estudiante Collaguazo Simbaña Edison Rene con el número de cédula 1726854803 respectivamente ha desarrollado el Trabajo de Integración Curricular: "Sustitución parcial de nitritos de sodio por aceite esencial de Cuychupe (*Chenopodium ambrosioides*) en salchichas tipo Frankfurt "

Este trabajo se sujeta a las normas y metodología dispuesta en la Codificación del Reglamento de Régimen Académico y de Estudiantes de la UPEC, por lo tanto, autorizo la presentación de la sustentación para la calificación respectiva.

Ing. Chamorro Hernández Liliana Margoth, MSc

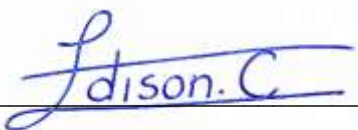
TUTORA

Tulcán, julio de 2026

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, Collaguazo Simbaña Edison con cédula de identidad número 1726854803 declaro que la investigación es absolutamente original, auténtica, personal y los resultados y conclusiones a los que he llegado son de mi absoluta responsabilidad.



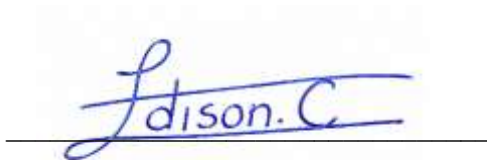
Collaguazo Simbaña Edison Rene

AUTOR

Tulcán, julio de 2026

ACTA DE CESIÓN DE DERECHOS DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

Yo Collaguazo Simbaña Edison Rene declaro ser autor de los criterios emitidos en el Trabajo de Integración Curricular: "Sustitución parcial de nitritos de sodio por aceite esencial de Cuychupe (*Chenopodium ambrosioides*) en salchichas tipo Frankfurt" y eximo expresamente a la Universidad Politécnica Estatal del Carchi y a sus representantes de posibles reclamos o acciones legales.

A handwritten signature in blue ink, reading "Edison.C", is written over a horizontal line.

Collaguazo Simbaña Edison Rene

AUTOR

Tulcán, julio de 2026

AGRADECIMIENTO

Expreso mi más profundo y sincero agradecimiento a mis padres, Alfonso Collaguazo y Rosa Simbaña, quienes con su amor, esfuerzo, sacrificio y apoyo incondicional han sido el pilar fundamental de mi vida. Gracias a su dedicación, sus consejos y la confianza que siempre depositaron en mí, he podido superar cada desafío y alcanzar esta importante meta académica. Este logro también les pertenece, pues representa el fruto de todos los años de trabajo y dedicación que han brindado para mi formación.

Agradezco a la Universidad Politécnica Estatal del Carchi, institución que me abrió sus puertas y me permitió crecer tanto en el ámbito académico como en el personal. Durante mi formación recibí conocimientos, valores y experiencias que fortalecieron mi capacidad profesional y me prepararon para enfrentar nuevos retos.

De igual manera, expreso mi reconocimiento al equipo de trabajo de Muebles Don Diego, por la confianza, el apoyo y las enseñanzas compartidas a lo largo de este proceso. La experiencia adquirida y el ambiente de colaboración contribuyeron significativamente a mi desarrollo y motivación para continuar esforzándome en el cumplimiento de mis objetivos.

Finalmente, agradezco a mi familia, amigos y a todas aquellas personas que, de una u otra manera, me brindaron palabras de aliento, apoyo y motivación durante este camino. Cada gesto de confianza y cada muestra de apoyo fueron fundamentales para culminar con éxito este trabajo de titulación y esta importante etapa de mi vida profesional.

Edison Rene Collaguazo Simbaña

DEDICATORIA

Dedico este trabajo de titulación, con todo mi cariño y gratitud, a mis padres, Alfonso Collaguazo y Rosa Simbaña, quienes han sido el ejemplo más grande de esfuerzo, responsabilidad y perseverancia. Gracias a su amor, a los sacrificios realizados y a la educación basada en valores que me han brindado, hoy puedo alcanzar una de las metas más importantes de mi vida. Su apoyo incondicional y su confianza en mis capacidades me impulsaron a seguir adelante incluso en los momentos de mayor dificultad.

También dedico este logro a mi familia, por acompañarme en cada etapa de mi formación y por brindarme siempre comprensión, motivación y fortaleza. Su presencia y apoyo han sido una fuente constante de inspiración para continuar creciendo y superándome.

Asimismo, dedico este trabajo al equipo de Muebles Don Diego, por la confianza depositada en mí y por las experiencias y aprendizajes compartidos, los cuales enriquecieron mi formación personal y profesional.

Finalmente, dedico este logro a todas las personas que creyeron en mí y me motivaron a no renunciar a mis sueños. Este trabajo representa el resultado de años de esfuerzo, constancia y dedicación, y simboliza el compromiso de seguir creciendo y aportando con responsabilidad y profesionalismo a la sociedad.

Edison Rene Collaguazo Simbaña.

ÍNDICE

RESUMEN.....	13
ABSTRACT	14
INTRODUCCIÓN	15
I. EL PROBLEMA.....	16
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	16
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	17
1.3. JUSTIFICACIÓN.....	17
1.4. OBJETIVOS Y PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN	18
1.4.1. Objetivo General	18
1.4.2. Objetivos Específicos	18
1.4.3. Preguntas de Investigación	18
II. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA	20
2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN	20
2.2. MARCO TEÓRICO	23
2.2.1. Productos cárnicos	23
2.2.2. Salchichas.....	26
2.2.3. Conservantes en la industria alimentaria	30
2.2.4. Cuychupe (<i>Chenopodium ambrosioides</i>)	34
III. METODOLOGÍA	38
3.1. ENFOQUE METODOLÓGICO	38
3.1.1. Enfoque	38
3.1.2. Tipo de Investigación.....	38
3.2. HIPÓTESIS	38
3.3. DEFINICIÓN Y OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES.....	39
3.4. MÉTODOS UTILIZADOS	41

3.4.1. Flujograma de proceso para la obtención del aceite esencial de Cuychupe	41
3.4.2. Flujograma de proceso para la elaboración de las salchichas tipo Frankfurt	42
3.4.3. Método de sustitución	43
3.4.4. Determinación de proteína AOAC 981.10	44
3.4.5. Determinación de cenizas AOAC 923.03	46
3.4.6. Determinación de grasas AOAC 945.16	47
3.4.7. Métodos para el análisis de vida útil de la salchicha tipo Frankfurt	48
3.4.8. Método de evaluación sensorial	50
3.4.9. Método estadístico	51
3.4.10. Formulación	51
3.4.11. Tratamientos	52
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	53
4.1. RESULTADOS	53
4.1.1. Análisis fisicoquímicos de la salchicha	53
4.1.2. Análisis textural de la salchicha	57
4.1.3. Análisis microbiológicos de la salchicha	62
4.1.4. Análisis sensorial de la salchicha	65
4.2. DISCUSIÓN	66
4.2.1. Análisis fisicoquímicos de la salchicha	66
4.2.2. Análisis textural de la salchicha	70
4.2.3. Análisis microbiológico	74
4.2.4. Análisis sensorial	76
V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	80
5.1. CONCLUSIONES	80
5.2. RECOMENDACIONES	82

VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	83
VII. ANEXOS.....	89

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Formulación base para la elaboración de 1 kg salchicha Frankfurt.....	30
Tabla 2. Taxonomía del Cuychupe.....	35
Tabla 3. Operacionalización de las variables.....	40
Tabla 4. Formulación base para la elaboración de salchicha Frankfurt.....	51
Tabla 5. Formulación para cada tratamiento en gramos.....	52
Tabla 6. Valores medios y desviación estándar para el contenido de ceniza.....	53
Tabla 7. Medias del contenido graso (%), desviación estándar y grupo estadístico..	54
Tabla 8. Valores medios y desviación estándar para el pH.....	55
Tabla 9. Valores medios y desviación estándar para el contenido de proteína.....	56
Tabla 10. Resumen global de los parámetros físicoquímicos (media $\pm$ desviación estándar).....	57
Tabla 11. Medias de la dureza (g).....	57
Tabla 12. Prueba de Kruskal-Wallis para cohesividad.....	58
Tabla 13. Medias de la elasticidad (mm).....	59
Tabla 14. Prueba de Kruskal-Wallis para gomosidad.....	60
Tabla 15. Medias de la masticabilidad (mJ).....	61
Tabla 16. Resumen global de los parámetros texturales (media $\pm$ desviación estándar)	62
Tabla 17. Recuentos microbiológicos en días representativos (0, 18 y 21).....	63
Tabla 18. Resumen de atributos sensoriales.....	65

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Flujograma de proceso para la obtención del aceite esencial.	41
Figura 2. Flujograma de proceso para la elaboración de salchichas tipo Frankfurt. .	42
Figura 3. Se muestra el flujograma de proceso para la sustitución parcial de nitritos en las tipo Frankfurt.....	44
Figura 4. Calcinación de la muestra	91
Figura 5. Obtención de cenizas en mufla a 550 ° C por 2 h.....	91
Figura 6. Molienda de los granos en molino de martillos.....	91
Figura 7. Resultado de las cenizas	91
Figura 8. Análisis de pH para las muestras.....	91
Figura 9. Adición del aceite esencial a la formulación	91
Figura 10. Producto final (Salchicha tipo Frankfurt).....	91
Figura 11. Peso de la muestra (Salchicha tipo Frankfurt)	91
Figura 12. Identificación de los dedales.....	91
Figura 13. Enfriar el vaso de extracción en el desecador	92
Figura 14. Pesar los vasos de extracción	92
Figura 15. Pesar 60 mL de hexano y colocar al vaso de extracción	92
Figura 16. Precalentar el equipo a 140 °C y colocar los dedales en inmersión por 3 h. Pasar a la posición de lavado por 1 h, y recuperación 37 min.	92
Figura 17. Secar los vasos de extracción en la estufa a 105 °C por 2 h	92
Figura 18. Retirar los vasos y dejar enfriar	92
Figura 19. Pesar los vasos con el extracto	92
Figura 20. Preparación de la muestra madre	92
Figura 21. Dilución de la muestra	92
Figura 22. Incubación de las placas Petrifilm.....	93
Figura 23. Placas Petrifilm para E. coli.....	93
Figura 24. Placas Petrifilm para Staphylococcus Aureus	93
Figura 25. Placas Petrifilm para Aerobios mesófilos.....	93
Figura 26. Contador de colonias	93

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Certificado del abstract por parte de idiomas	89
Anexo 2. Hoja de evaluación de traducción	90
Anexo 3. Fase experimental	91
Anexo 4. Informe de análisis de proteína de la salchicha	94
Anexo 5. Verificación de supuestos.....	99
Anexo 6. Script RStudio	100

RESUMEN

El presente estudio tuvo como objetivo evaluar el efecto de la sustitución parcial de nitrito de sodio por aceite esencial de Cuychupe (*Chenopodium ambrosioides*) sobre la estabilidad fisicoquímica, textural, sensorial y microbiológica de salchichas tipo Frankfurt. El aceite esencial se obtuvo por destilación al vapor y se incorporó en cinco tratamientos (T0-T4) con concentraciones de 0, 100, 200, 300 y 400 ppm, combinadas con nitrito de sodio en dosis decrecientes (150, 125, 100, 75 y 50 ppm), bajo un diseño completamente al azar con tres repeticiones. Se evaluaron parámetros fisicoquímicos (proteína, grasa, cenizas y pH), perfil de textura (dureza, cohesividad, elasticidad, gomosidad y masticabilidad), recuentos microbiológicos (aerobios mesófilos, *E. coli* y *S. aureus*) durante 21 días a 4 °C, y aceptación sensorial mediante escala hedónica de 7 puntos. El tratamiento T3 (300 ppm de aceite esencial + 75 ppm de nitrito) presentó los mejores resultados, con incrementos significativos en proteína (18.14 %) y grasa (13.9 %), pH adecuado (6.18), y valores de dureza (1260 g) y masticabilidad (15.0 mJ) que se correlacionaron con la mayor aceptación sensorial (mediana 6/7 en sabor, textura y aceptación global). Microbiológicamente, T3 fue el único tratamiento que mantuvo los recuentos de aerobios mesófilos por debajo del límite de buena calidad (1.5×10^5 UFC/g) durante los 21 días, mientras que el control alcanzó 1.2×10^5 UFC/g y T4 superó el límite máximo (2.0×10^5 UFC/g) a partir del día 18, lo que representa una extensión de la vida útil de al menos 21 días en condiciones de refrigeración. Estos resultados confirman que la sustitución parcial de nitritos por 300 ppm de aceite esencial de Cuychupe constituye una alternativa tecnológica viable, que reduce el contenido de aditivos sintéticos, mejora la calidad nutricional y sensorial, y prolonga la vida útil del producto, sin comprometer su seguridad microbiológica.

Palabras Claves: *Chenopodium ambrosioides*, conservante natural, nitritos, salchichas tipo Frankfurt, vida útil.

ABSTRACT

The present study aimed to evaluate the effect of the partial replacement of sodium nitrite with Cuychupe essential oil (*Chenopodium ambrosioides*) on the physicochemical, textural, sensory, and microbiological stability of Frankfurt-type sausages. The essential oil was obtained by steam distillation and incorporated into five treatments (T0-T4) at concentrations of 0, 100, 200, 300, and 400 ppm, combined with decreasing sodium nitrite doses (150, 125, 100, 75, and 50 ppm), under a completely randomized design with three replications. Physicochemical parameters (protein, fat, ash, and pH), texture profile (hardness, cohesiveness, springiness, gumminess, and chewiness), microbiological counts (mesophilic aerobes, *E. coli*, and *S. aureus*) during 21 days at 4 °C, and sensory acceptance using a 7-point hedonic scale were evaluated. Treatment T3 (300 ppm essential oil + 75 ppm nitrite) showed the best results, with significant increases in protein (18.14 %) and fat (13.9 %), adequate pH (6.18), and hardness (1260 g) and chewiness (15.0 mJ) values that correlated with the highest sensory acceptance (median 6/7 for flavor, texture, and overall acceptance). Microbiologically, T3 was the only treatment that maintained mesophilic aerobes counts below the good quality limit (1.5×10^5 CFU/g) throughout the 21 days, while the control reached 1.2×10^5 CFU/g and T4 exceeded the maximum limit (2.0×10^5 CFU/g) from day 18, representing a shelf-life extension of at least 21 days under refrigeration. These results confirm that the partial substitution of nitrites with 300 ppm of Cuychupe essential oil constitutes a viable technological alternative, reducing synthetic additive content, improving nutritional and sensory quality, and extending shelf life without compromising microbiological safety.

Keywords: *Chenopodium ambrosioides*, natural preservative, nitrites, Frankfurt-type sausages, shelf life.

INTRODUCCIÓN

El consumo de carnes procesadas ha suscitado una creciente preocupación a nivel mundial debido a su relación con problemas de salud, entre ellos el cáncer. Desde el 2015, la Organización Mundial de la Salud (OMS) ha clasificado el consumo de carnes procesadas como un factor de riesgo para el desarrollo de cáncer colorrectal, lo que ha generado una demanda cada vez mayor por alternativas más saludables en la producción de alimentos. Los aditivos utilizados en estos productos, como los nitritos de sodio, han sido señalados por su capacidad de formar compuestos carcinógenos conocidos como nitrosaminas, especialmente cuando se exponen a altas temperaturas.

En Ecuador, la producción y consumo de embutidos es una actividad significativa, alcanzando un consumo per cápita de 4,5 kg al año, con productos como las salchichas tipo Frankfurt ocupando un lugar importante en la gastronomía local. A pesar de su popularidad, la preocupación por los efectos adversos de los aditivos químicos ha llevado a la industria alimentaria a explorar alternativas más naturales para conservar y mejorar la calidad de los productos cárnicos.

El Cuychupe (*Chenopodium ambrosioides*), una planta tradicionalmente utilizada en la medicina ancestral por sus propiedades antimicrobianas y antioxidantes, se presenta como una opción prometedora. Su aceite esencial tiene el potencial de sustituir parcialmente a los nitritos de sodio en la producción de embutidos, manteniendo sus cualidades de conservación sin los efectos negativos asociados a los nitritos.

Esta investigación se enfoca en evaluar el efecto de la sustitución parcial de nitritos de sodio por aceite esencial de Cuychupe en salchichas tipo Frankfurt. Se analizarán las características fisicoquímicas, sensoriales y vida útil, con el objetivo de determinar el porcentaje óptimo de sustitución que mantenga la calidad y seguridad del embutido, al mismo tiempo que ofrezca una opción más saludable para los consumidores.

I. EL PROBLEMA

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El consumo de carnes con aditivos químicos ha generado preocupación por sus posibles efectos en la salud. Estos aditivos, añadidos para conservar la carne, mejorar su sabor y aspecto, o extender su vida útil, incluyen nitritos, nitratos, sal, fosfatos, colorantes artificiales y sabores artificiales (Fontoura et al., 2024). La Organización Mundial de la Salud (OMS) ha clasificado el consumo de carnes procesadas en el Grupo 1 de riesgos para contraer cáncer desde 2015.

En Ecuador existen alrededor de 300 industrias cárnicas dedicadas a la producción y comercialización de embutidos y otros productos cárnicos. Sin embargo, esta cifra no es exacta debido a que no todas las empresas se encuentran formalmente registradas, sin embargo, da una idea de la magnitud de la industria cárnica en el país. La producción de embutidos es una actividad diaria. Según datos del Ministerio de Agricultura y Ganadería (2022) , el consumo de embutidos en el país alcanza los 4.5 Kilos por persona al año.

Los efectos potenciales en la salud varían según la persona y la cantidad consumida. Algunos estudios asocian el consumo de estos aditivos con un mayor riesgo de cáncer, enfermedades cardíacas, presión arterial alta, problemas de desarrollo neurológico e hiperactividad en niños (Turra y Ayub, 1999).

Entre los productos cárnicos más consumidos se encuentran los embutidos, los cuales suelen contener aditivos químicos. Una de las principales preocupaciones es el uso de nitritos y nitratos en su producción, debido a su potencial toxicidad y la capacidad de generar compuestos carcinógenos (Fontoura et al., 2024).

A pesar de sus beneficios en términos de conservación y apariencia, los nitritos han sido objeto de debate y preocupación debido a su potencial impacto en la salud humana. Se ha sugerido que el consumo excesivo de nitritos podría estar relacionado con problemas de salud, especialmente debido a la formación de nitrosaminas, compuestos químicos potencialmente cancerígenos.

Uno de los problemas más grandes es el desconocimiento de las propiedades de las plantas ancestrales. Estas plantas, utilizadas durante siglos en la medicina tradicional de diversas culturas, tienen numerosos beneficios que no se aprovechan en la industria alimentaria moderna (World Health Organization, 2025).

A pesar de su historia de uso comprobado, muchas de estas plantas no han sido integradas en la producción industrial de alimentos. La falta de investigación científica que valide sus beneficios, junto con una desconexión entre la medicina tradicional y la moderna, ha impedido su aceptación en la industria alimentaria.

La globalización y la industrialización han llevado a una homogeneización de la dieta mundial, relegando a las plantas ancestrales a un segundo plano. Además, el conocimiento sobre estas plantas se está perdiendo a medida que las generaciones jóvenes se alejan de las prácticas tradicionales.

Esta falta de integración no solo desperdicia potenciales beneficios para la salud, sino que también tiene implicaciones culturales y económicas para las comunidades que poseen este conocimiento.

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Cómo afecta la sustitución parcial de nitritos de sodio por aceite esencial de Cuychupe (*Chenopodium ambrosioides*) en las características fisicoquímicas, sensoriales y la vida útil de las salchichas tipo Frankfurt?

1.3. JUSTIFICACIÓN

El consumo de embutidos en Ecuador ha experimentado un crecimiento notable en los últimos años, consolidándose como una tendencia en alza. Según datos actualizados del Ministerio de Salud y el Instituto Nacional de Estadística y Censo, el consumo per cápita anual de embutidos en el país ha aumentado en un 14 % desde el último reporte, reflejando una preferencia constante por este tipo de alimentos entre los ecuatorianos. En promedio, cada persona en Ecuador consume alrededor de 4.5 kilos de embutidos al año, lo que destaca su relevancia en la dieta nacional (Fontoura et al., 2024).

Entre los embutidos más populares en Ecuador se encuentran la mortadela, el chorizo, el jamón y las salchichas, apreciados tanto por su sabor como por su versatilidad en la cocina. Estos embutidos se disfrutan de diversas formas, ya sea en sándwiches,

platos tradicionales o como parte de una tabla de fiambres, lo que demuestra su arraigo en la gastronomía ecuatoriana.

En particular, la salchicha tipo Frankfurt en Ecuador es muy popular. Se consume de manera frecuente tanto en el ámbito doméstico como en establecimientos de comida rápida. Su versatilidad la convierte en un elemento fundamental en la gastronomía ecuatoriana.

Sin embargo, ante la creciente preocupación por la salud y la calidad de los alimentos, se está explorando la posibilidad de reemplazar los aditivos comunes en la elaboración de embutidos, como los nitritos, por alternativas más naturales y saludables (Hammoda, 2014). En este sentido, el uso de aceite esencial de Cuychupe (*Chenopodium ambrosioides*) se presenta como una opción, gracias a sus propiedades antioxidantes y antimicrobianas, que no solo contribuyen a mejorar la calidad de los embutidos, sino que también realzan su sabor y aroma, ofreciendo así opciones más saludables y atractivas para los consumidores.

1.4. OBJETIVOS Y PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN

1.4.1. Objetivo General

Evaluar el efecto de la sustitución parcial de nitrito de sodio por aceite esencial de Cuychupe (*Chenopodium ambrosioides*) como conservante natural en la estabilidad fisicoquímica, textural, sensorial y vida útil de salchichas tipo Frankfurt.

1.4.2. Objetivos Específicos

- Determinar el porcentaje óptimo de sustitución de nitritos de sodio por aceite esencial de Cuychupe (*Chenopodium ambrosioides*).
- Analizar las características fisicoquímicas, texturales y organolépticas de las salchichas Frankfurt formuladas bajo diferentes niveles de sustitución.
- Establecer el tiempo de vida útil con la sustitución parcial de nitritos de sodio por aceite esencial de Cuychupe (*Chenopodium ambrosioides*).

1.4.3. Preguntas de Investigación

- ¿Cuál es el porcentaje óptimo de sustitución parcial de nitritos de sodio por aceite esencial de Cuychupe (*Chenopodium ambrosioides*)?
- ¿Cómo afecta la sustitución parcial de nitritos de sodio por aceite esencial de Cuychupe (*Chenopodium ambrosioides*) en las características fisicoquímicas y sensoriales?

- ¿Cuál es el tiempo de vida útil de la salchicha tipo Frankfurt con la sustitución parcial de nitritos de sodio por aceite esencial de Cuychupe (*Chenopodium ambrosioides*)?

II. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

Maghsoudlou et al. (2013) evaluaron el efecto de la adición de aceite esencial de *Satureja khuzestanica* (200, 400 y 600 ppm) y nitrito de sodio (0, 250 y 500 ppm), solos y en combinación, sobre salchichas tipo Frankfurt almacenadas a 4 °C durante 20 días. En los análisis fisicoquímicos, los valores de pH oscilaron entre 6.10 y 6.60, con una disminución inicial seguida de un leve aumento; el contenido de proteína fue de 14.2 ± 0.3 % y la grasa de 18.5 ± 0.4 %, sin diferencias significativas entre tratamientos. La vida útil microbiológica mostró que el aceite esencial a 600 ppm redujo los recuentos de *Staphylococcus aureus* hasta 2.5 log UFC/g, mientras que la combinación 250:200 ppm (nitrito:aceite) mantuvo los aerobios mesófilos por debajo de 4.0 log UFC/g durante 15 días. En la textura, la dureza (compresibilidad) fue de 12.4 N para el control con 500 ppm de nitrito, y de 11.8 N para el tratamiento con 200 ppm de aceite esencial solo. El análisis sensorial con escala hedónica de 9 puntos indicó que el tratamiento con 600 ppm de aceite esencial obtuvo baja aceptabilidad en color (3.2/9) y sabor (3.5/9), mientras que la mezcla 250:200 ppm alcanzó puntuaciones de 7.1/9 en aceptación global, similares al control con nitrito (7.4/9). Los autores concluyeron que la combinación sinérgica permite reducir el nitrito hasta en un 50 % sin afectar significativamente la calidad.

Suárez et al. (2011) evaluaron salchichas tipo Bratwurst elaboradas con carne de bovino y cerdo y dos mezclas de especias naturales (sin adición de nitritos), almacenadas a 3 °C durante 12 días. Los resultados fisicoquímicos mostraron humedad entre 55.84 % y 62.71 %, proteína entre 8.46 % y 12.81 %, grasa entre 22.76 % y 28.03 %, cenizas entre 0.97 % y 1.12 % y cloruros entre 0.62 % y 0.82 %. El análisis microbiológico reveló que los recuentos de mesófilos se mantuvieron entre 2.0×10^4 y 6.7×10^4 UFC/g, con ausencia de *Salmonella* y recuentos de *Clostridium* sulfito reductor <10 UFC/g, demostrando el efecto antimicrobiano de las especias en ausencia de nitritos. En la evaluación sensorial mediante prueba de ordenación hedónica (escala de 1 a 4, donde 1 es la que más gusta), los tratamientos con especias que contenía apio y orégano obtuvieron los mejores puntajes (2.27 y 2.33), los de cilantro y tomillo

presentaron menor preferencia (2.91). Los autores concluyeron que el uso de especias naturales puede contribuir a la reducción de nitratos y nitritos en salchichas. Parrini et al. (2019) elaboraron salchichas tipo Frankfurt con carne de cerdo Cinta Senese, comparando un tratamiento con nitritos y nitratos (NIT) frente a uno con una mezcla natural (NAT) de extractos de orujo de oliva, pepita de uva y castaño, almacenadas a 4 °C durante 60 días. Los parámetros fisicoquímicos mostraron, en ambos tratamientos, humedad entre 50.07 % y 52.04 %, proteína entre 15.26 % y 15.97 %, grasa entre 30.26 % y 31.42 %, y ceniza entre 2.42 % y 2.54 %, sin diferencias significativas entre tratamientos. El pH fue significativamente más bajo en NAT (5.39-6.07) que en NIT (5.53-6.19) durante todo el almacenamiento. En la textura instrumental, el tratamiento NAT presentó menor dureza (TPA: 71.54-74.76 N) en comparación con NIT (78.02-93.28 N), y también menor fuerza de cizalla Warner-Bratzler (29.48-31.22 kg frente a 37.78-39.86 kg), lo que indica una textura más blanda. Los parámetros de color mostraron que NIT tuvo mayor luminosidad (L^* : 67.89-69.97) y enrojecimiento (a^* : 17.02-17.27) que NAT (L^* : 66.84-67.00; a^* : 8.22-11.22), mientras que NAT presentó mayor amarillez (b^* : 11.55-12.43) en los primeros días. La vida útil microbiológica fue segura en ambos tratamientos, sin presencia de patógenos (*E. coli*, Listeria, Salmonella, Staphylococcus), aunque los recuentos totales fueron ligeramente inferiores en NAT. El análisis sensorial con panel entrenado (escala no estructurada de 150 mm) indicó que NAT fue percibida como más tierna, pero con menor uniformidad de color y presencia de sabores amargos y tánicos, lo que redujo su aceptabilidad global frente a NIT. Los autores concluyeron que los extractos naturales representan una alternativa a los aditivos sintéticos, aunque algunos atributos sensoriales requieren mejora.

Epiqueien (2025) evaluó el potencial antioxidante y antimicrobiano del aceite esencial de paico (*Chenopodium ambrosioides* L.) en filetes de carne de pollo empacados al vacío, utilizando concentraciones de 0 % (control), 0.25 % (T1) y 0.35 % (T2) de aceite esencial, almacenados a 4 °C durante 22 días. La actividad antioxidante, medida mediante el tiempo de inducción Rancimat, mostró que T2 (0.35 %) tuvo un efecto sensorial con escala hedónica de 9 puntos (15 panelistas no entrenados) reveló que, al día 0, el tratamiento T2 obtuvo las mayores puntuaciones en apariencia (8.0), sabor (7.33), suavidad (8.07), textura (7.93) y aceptación general (7.93), mientras que T1 destacó en jugosidad (7.13). Sin embargo, al día 6, T2 mostró una disminución significativa en todos los atributos debido a un exceso de cocción. Al final del

almacenamiento (día 22), T2 nuevamente mejoró significativamente la textura (6.0), suavidad (6.0), jugosidad (5.93) y apariencia (6.13) en comparación con el control. Los autores concluyeron que el aceite esencial de paico a 0,35 % es una alternativa natural prometedora para extender la vida útil y mejorar las características sensoriales de la carne de pollo.

Barrionuevo et al. (2020) estudiaron el efecto de la adición de extractos polifenólicos de tegumento de maní (variedades Runner y Virginia) y aceite esencial de orégano (*Origanum vulgare* L.), solos y en combinación, sobre las propiedades microbiológicas, químicas y sensoriales de salchichas tipo Frankfurt almacenadas a 4 °C durante 37 días. Los parámetros fisicoquímicos de los productos frescos mostraron un contenido de humedad de 68.47 ± 0.40 g/100g, proteína de 12.63 ± 0.64 g/100g, grasa de 3.36 ± 0.26 g/100g y ceniza de 2.46 ± 0.26 g/100g, sin diferencias significativas entre tratamientos. No se reportaron valores de pH. En cuanto a la vida útil microbiológica, los recuentos de aerobios mesófilos totales al día 37 fueron significativamente más bajos en los tratamientos con combinación de orégano y extractos de maní (OR: 2.00×10^2 UFC/g; OV: 1.67×10^2 UFC/g) en comparación con el control sin aditivos (C: 11.67×10^2 UFC/g) y con el tratamiento de aditivos comerciales (F: 5.33×10^2 UFC/g), mientras que no se detectaron patógenos (*E. coli*, *Salmonella*, *Staphylococcus aureus*) en ninguna muestra. El análisis sensorial con consumidores (escala hedónica de 9 puntos) indicó que el tratamiento con aditivos comerciales (F) obtuvo la mayor aceptación en color (7.4), sabor (7.5) y textura (7.3), mientras que los tratamientos con extractos naturales tuvieron puntuaciones entre 5.9 y 6.7; sin embargo, en la prueba de preferencia, el tratamiento con orégano solo (O) y con extracto Runner (R) superaron a las combinaciones con extractos de maní (OR, OV). El análisis descriptivo con panel entrenado (escala lineal de 150 mm) reveló que la adición de extractos de maní redujo significativamente la intensidad del color (19.44-20.25) en comparación con el control (25.13) y con el tratamiento comercial (31.50), mientras que el sabor a orégano fue más intenso en los tratamientos que lo contenían (33.75 en O, 27.00-31.25 en OR y OV). Los autores concluyeron que los extractos polifenólicos de tegumento de maní y el aceite esencial de orégano, especialmente en combinación, pueden reemplazar a los aditivos comerciales (nitritos, nitratos) como conservantes en salchichas tipo Frankfurt, ofreciendo efectos protectores contra el deterioro microbiológico y oxidativo, aunque con modificaciones en el color y perfil sensorial que podrían ser optimizadas.

2.2. MARCO TEÓRICO

2.2.1. Productos cárnicos

Según la NTE INEN 1217 (2006), los productos cárnicos son aquellos elaborados a base de tejido muscular de animales de abasto declarados aptos para consumo humano. Los productos cárnicos son alimentos derivados de la carne de animales y, en algunos casos, incluyen subproductos como vísceras y huesos. Estos productos son procesados de diferentes maneras para asegurar su conservación, sabor, y valor nutricional. Dependiendo de su método de procesamiento, los productos cárnicos se pueden clasificar en varias categorías:

- **Productos crudos:** Estos requieren cocción antes de su consumo, como es el caso de carnes frescas o embutidos crudos como salchichones o chorizos (Aboah y Lees, 2020).
- **Productos cocidos:** Se trata de alimentos que ya han sido cocidos durante el proceso de producción, como el jamón cocido y las mortadelas, los cuales están listos para el consumo inmediato (TheFoodTech, 2020).
- **Productos curados:** Son aquellos que se conservan mediante la adición de sal y otros ingredientes como nitratos, lo que les da características únicas, como en el caso del jamón serrano o el salami (TheFoodTech, 2020).
- **Productos deshidratados o secos:** Estos productos pasan por un proceso que reduce su contenido de humedad, como las carnes secas o Nuggets, lo cual facilita su conservación y transporte (Aboah y Lees, 2020).
- **Productos enlatados:** Son aquellos que se envasan en latas y se someten a un tratamiento térmico, lo que permite su conservación a largo plazo, tal como sucede con el paté y las conservas de carne (TheFoodTech, 2020).
- **Productos madurados:** Estos se someten a un proceso de maduración que involucra reacciones químicas y microbiológicas, lo que les da un sabor y textura únicos. Ejemplos incluyen el jamón serrano y el salchichón (Aboah y Lees, 2020).

Cada uno de estos productos se clasifica según el tipo de procesamiento al que es sometido, lo cual influye tanto en sus características organolépticas (sabor, olor, textura) como en las normativas de seguridad alimentaria, tales como las especificadas en la NOM-213-SSA1-2018, que establece directrices para garantizar la calidad y seguridad de los productos cárnicos (TheFoodTech, 2020).

2.2.1.1. Embutidos

Los embutidos son productos cárnicos procesados que se elaboran con carne, grasa, vísceras y especias, todos embutidos en una tripa natural o sintética. Estos productos son muy populares por su durabilidad y variedad en sabores y texturas, lo que les permite ser consumidos de diversas formas. El proceso de fabricación de los embutidos incluye varias técnicas como el curado, la fermentación, el ahumado y en algunos casos, la cocción, que definen sus características particulares.

2.2.1.1.1. Tipos de embutidos

- Embutidos frescos: Son aquellos que no requieren maduración ni cocción, y deben ser cocinados antes de ser consumidos. Estos productos tienden a tener un contenido de agua mayor y una vida útil más corta. Ejemplos comunes incluyen el chorizo fresco y la morcilla (De la Hoz et al., 2020).
- Embutidos cocidos: Son productos que ya han sido cocidos durante su fabricación, lo que permite que sean consumidos sin necesidad de ser cocinados nuevamente. Tienen una textura más suave y se conservan mejor que los embutidos frescos. Ejemplos típicos son las salchichas de Frankfurt y la mortadela (Flores M. , 2020).
- Embutidos curados: Este tipo de embutido se somete a un proceso de curado con sal, nitritos o nitratos, lo que no solo preserva el producto, sino que también le otorga un sabor distintivo y una textura más firme. El salami, jamón serrano y chorizo curado son ejemplos de embutidos curados (De la Hoz et al., 2020).
- Embutidos fermentados: Estos productos se caracterizan por la acción de bacterias lácticas, que convierten los azúcares en ácido láctico, lo que contribuye tanto a la conservación como al sabor ácido característico. El salami fermentado es un ejemplo conocido de embutido fermentado (Mekonnen et al., 2021).

2.2.1.1.2. Factores que afectan la calidad de los embutidos

Varios elementos influyen en la calidad sensorial de los embutidos, como la elección de la carne, las especias y el proceso de fabricación. La cantidad de grasa y agua, así como el tipo de curado y fermentación, afectan directamente la textura y el sabor. Además, el uso de aditivos como los nitritos y nitratos es esencial para garantizar la seguridad y la conservación del producto (De la Hoz et al., 2020), aunque su uso ha sido objeto de discusión debido a los posibles riesgos para la salud.

Los embutidos también pueden beneficiarse de la fermentación, que no solo mejora la conservación, sino que también favorece la digestibilidad al reducir la presencia de ciertos compuestos difíciles de procesar por el sistema digestivo (Mekonnen et al., 2021). Sin embargo, no todos los embutidos requieren fermentación, ya que productos como las salchichas cocidas no pasan por este proceso.

2.2.1.1.3. Clasificación de los embutidos

Los embutidos se agrupan según los métodos utilizados para su producción, lo que influye directamente en sus propiedades sensoriales y su vida útil. Esta clasificación es esencial tanto para los consumidores como para la industria alimentaria, pues permite identificar las características y el tratamiento necesario para cada tipo de embutido.

- Embutidos frescos: Son aquellos que no han sido curados ni cocidos, por lo que deben ser cocinados antes de su consumo. Tienen un contenido alto de agua, lo que les da una textura jugosa pero también les hace más perecederos. Ejemplos comunes incluyen el chorizo fresco y la morcilla. Este tipo de embutido requiere refrigeración constante para evitar su descomposición.
- Embutidos cocidos: Estos productos pasan por un proceso de cocción, lo que los hace aptos para el consumo sin necesidad de una preparación adicional. Generalmente, los embutidos cocidos tienen una textura más suave y una vida útil más larga que los frescos. Las salchichas de Frankfurt son un ejemplo típico de este tipo de embutido.
- Embutidos curados: Se conservan mediante la adición de sal, y en algunos casos, nitritos o nitratos. Este proceso les otorga un sabor y una textura específicos, además de extender su vida útil. La pérdida de agua durante el curado hace que estos embutidos tengan una textura más firme. El salami y el chorizo curado son ejemplos representativos de esta categoría.
- Embutidos fermentados: En los embutidos fermentados, las bacterias lácticas convierten los azúcares presentes en la carne en ácido láctico, lo que mejora la conservación del producto y le otorga un sabor ácido característico. El salami fermentado es uno de los embutidos más conocidos de esta categoría.
- Embutidos ahumados: Este tipo de embutido se somete a un proceso de ahumado que no solo le proporciona un sabor distintivo, sino que también mejora su conservación. El jamón ahumado es un ejemplo clásico de

embutido ahumado, que puede haber sido curado o cocido antes del ahumado (Flores M. , 2020).

2.2.1.1.4. Embutidos cocidos

Los embutidos cocidos son productos cárnicos que, tras ser elaborados, se someten a un proceso de cocción que los hace aptos para el consumo directo, sin necesidad de preparación adicional. Este tratamiento térmico no solo mejora su seguridad microbiológica, sino que también ayuda a alargar su vida útil, haciéndolos menos perecederos en comparación con los embutidos frescos (Bertozzi, 2020).

Los tipos de embutidos cocidos más conocidos son:

- Salami: Es un tipo de embutido que puede ser seco, cocido, curado o madurado. Está compuesto principalmente de carne y grasa de cerdo o res, junto con otros ingredientes y aditivos para potenciar su sabor.
- Paté: Este producto tiene una consistencia pastosa y, por lo general, se somete a cocción, aunque también puede ser ahumado. Se elabora a partir de carne, vísceras u otros tejidos comestibles de animales, a los que se agregan condimentos y aditivos.
- Salchicha: Embutido preparado mediante una mezcla emulsificada que incluye carne, grasa, condimentos, especias y aditivos. Esta mezcla se embute en tripas naturales o artificiales.
- Morcilla: Se trata de un embutido cocido que contiene una mezcla de sangre de cerdo o res, adquirida de manera higiénica, y que puede incluir grasa, carne y otros ingredientes y aditivos.
- Mortadela: Elaborada a partir de una mezcla emulsificada que contiene carne de res o cerdo, junto con grasa, condimentos, especias y aditivos. Esta mezcla se embute en tripas, ya sean naturales o artificiales (INEN, 2006).

Estos productos son esenciales en la alimentación moderna, debido a su conveniencia, facilidad de conservación y seguridad alimentaria. Gracias al proceso de cocción, los embutidos cocidos tienen una vida útil más larga y son una opción fácil para consumir sin necesidad de preparación adicional .

2.2.2. Salchichas

Las salchichas son embutidos hechos a base de carne picada, generalmente de cerdo o res, que se mezcla con grasa y condimentos como sal y especias. La mezcla

se emulsiona para lograr una textura homogénea y se embute en tripas naturales o artificiales. Dependiendo de los ingredientes y procesos de elaboración, las salchichas pueden tener variaciones en su textura y sabor. En general, la carne utilizada debe ser de alta calidad para asegurar una buena cohesión y retención de agua en el embutido, lo que contribuye a su suavidad y humedad (Lorenzo et al., 2020).

2.2.2.1. Materia prima para elaboración de las salchichas

2.2.2.1.1. Carne

La carne es un componente esencial en la elaboración de productos cárnicos, derivada de los músculos de animales de abasto como res, cerdo o pollo. Esta materia prima está compuesta principalmente por agua, proteínas, lípidos, minerales y en menor cantidad, carbohidratos. Durante su procesamiento, es crucial mantener condiciones sanitarias para evitar la proliferación de bacterias y asegurar la calidad del producto final. La carne cruda, especialmente la que proviene de animales sacrificados, sufre cambios bioquímicos que afectan su textura, sabor y propiedades nutricionales. Estos cambios incluyen la disminución del pH, la descomposición de ATP, y la conversión de las proteínas musculares, lo que da lugar a las características deseadas en los productos cárnicos (García, 2021).

2.2.2.1.2. Grasa

La grasa animal, proveniente de animales como el cerdo o el ganado vacuno, desempeña un papel fundamental en la industria de productos cárnicos. Esta grasa no solo mejora la textura y sabor del producto final, sino que también facilita la formación de emulsiones estables durante el procesamiento. El contenido graso es esencial en productos como salchichas, ya que contribuye a la jugosidad y la sensación en boca. Sin embargo, la calidad de la grasa es un factor clave, ya que las grasas animales son susceptibles a la oxidación, lo que puede afectar el sabor y la estabilidad del producto. Por lo tanto, es importante controlar la cantidad y la calidad de la grasa utilizada en la formulación de productos cárnicos procesados (Smith et al., 2022).

2.2.2.1.3. Agua

El agua es un ingrediente indispensable en la producción de productos cárnicos procesados, ya que facilita la solubilización de las proteínas y ayuda a la formación

de una emulsión estable entre la carne y la grasa. Además, el agua contribuye a la jugosidad del producto final y regula la temperatura durante el proceso de fabricación, lo cual es esencial para mantener la calidad del producto. La cantidad de agua utilizada debe ser cuidadosamente controlada, ya que afecta la textura, el sabor y la vida útil del alimento. Un balance adecuado de agua es clave para la estabilidad del producto durante el almacenamiento y la distribución (Garcia et al., 2023).

2.2.2.1.3. Sal (Cloruro de Sodio)

La sal es uno de los ingredientes más importantes en la fabricación de productos cárnicos, ya que, además de mejorar el sabor, tiene propiedades conservantes que ayudan a prevenir el crecimiento de microorganismos patógenos. La sal también facilita la extracción de las proteínas de la carne, lo que mejora la textura y estabilidad de la emulsión en productos como las salchichas. Sin embargo, debido a los riesgos para la salud relacionados con el consumo elevado de sodio, es importante controlar la cantidad de sal utilizada en los productos cárnicos. Esto no solo mejora la calidad del alimento, sino que también ayuda a cumplir con las regulaciones de salud pública (Chaves et al., 2020).

2.2.2.2. Tipos de salchichas

- Salchicha Viena: Compuesta de carne de cerdo y res, esta salchicha es procesada con tocino, hielo, especias y aditivos, sometida a un tratamiento térmico que proporciona firmeza y elasticidad (Lorenzo et al., 2020).
- Salchicha Frankfurt: Elabora con carne, tocino, agua o hielo, sal, especias y otros aditivos, y se embute en tripas, ya sean naturales o artificiales. Posteriormente, es sometida a un proceso de escaldado, lo que la hace apta para el consumo inmediato (Lorenzo et al., 2020).
- Salchicha natural: Este tipo de salchicha, hecha principalmente de carne de cerdo y res, tiene una mezcla suave y un toque distintivo si se aromatiza con cáscara de naranja, además de ser embutida en tripas naturales (Lorenzo et al., 2020).
- Salchicha blanca: Se compone de carne de cerdo y res, hierbas finas y especias, y se embute en tripas gruesas, lo que le da una textura blanda y un sabor más suave (Lorenzo et al., 2020).

- Salchicha cervelat: Hecha con carne de cerdo finamente procesada, esta salchicha tiene condimentos de intensidad variable y se embute en tripas gruesas. Se puede ahumar o precocer (Lorenzo et al., 2020).
- Salchicha de pollo: Elaborada principalmente con carne de pollo, este tipo de salchicha es más baja en grasa que las de cerdo o res. Es popular en dietas bajas en calorías (Lorenzo et al., 2020)
- Salchicha de hígado: Compuesta de carne y hígado, este tipo de salchicha tiene un sabor fuerte y una textura suave, ideal para untar. Es muy común en Alemania (Domínguez et al.).
- Salchicha Bratwurst: Originaria de Alemania, esta salchicha se elabora con carne de cerdo, ternera o res, con un sabor robusto. Puede ser fresca o cocida y es conocida por ser preparada a la parrilla (Flores y Toldrá, 2021).
- Salchicha al estilo Andouille: Una salchicha de origen francés que contiene carne de cerdo, ajo y especias, con un sabor ahumado distintivo. Se utiliza comúnmente en la cocina cajún (Smith, 2021).
- Salchicha Kielbasa: De origen polaco, se elabora con carne de cerdo, ajo y se consume fresca o ahumada. Tiene un sabor especiado y es popular en sopas y estofados (Lorenzo et al., 2020).

2.2.2.3. Salchichas tipo Frankfurt

La salchicha Frankfurt es un tipo de embutido que se caracteriza por su proceso de elaboración a base de carne, grasa, agua, sal, especias y aditivos. El proceso de embutido en tripas naturales o artificiales, seguido de un tratamiento térmico, permite que esta salchicha sea apta para el consumo inmediato (Lorenzo et al., 2020). Además, la combinación de estos ingredientes y procesos proporciona una textura y sabor distintivos, lo que la hace una de las salchichas más populares en todo el mundo (Belluco y Cenci, 2021).

El método de preparación de la salchicha Frankfurt también influye en su textura, que es suave pero firme debido a su contenido en agua y grasa. Según Flores y Toldrá (2021), el escaldado y el uso de aditivos en su producción permiten que la salchicha mantenga su integridad durante su almacenamiento y consumo.

2.2.2.4. Formulación base de salchichas tipo Frankfurt

En la tabla 1 se muestra una formulación base para la elaboración de una salchicha tipo Frankfurt.

Tabla 1. Formulación base para la elaboración de 1 kg salchicha Frankfurt

Materia prima	Gramos (g)	Porcentaje (%)
Carne de res	402	40.2
Carne de cerdo	150	15
Grasa de cerdo	200	20
Hielo	200	20
Sal	25	2.5
Azúcar	3	0.3
Polifosfatos	2	0.2
Pimienta blanca	2.5	0.25
Nuez moscada	1	0.1
Ajo en polvo	2	0.2
Otras especies	1.23	12.3
Nitrito de sodio	0.15	0.015
Total	1000 g	100 %

Fuente. (Gaona, 2016)

2.2.3. Conservantes en la industria alimentaria

Los conservantes son sustancias utilizadas en la industria alimentaria con el propósito de evitar el deterioro de los alimentos causado por microorganismos como bacterias, mohos y levaduras. Su principal función es extender la vida útil de los productos y mantenerlos seguros para el consumo. Ejemplos comunes incluyen el ácido sórbico y sus derivados, como los sorbatos, que son efectivos para inhibir el crecimiento microbiano en productos como lácteos y jugos (Davidson y Taylor, 2021)

En alimentos procesados, especialmente en productos cárnicos como las salchichas, los nitratos y nitritos desempeñan un papel clave. Estos compuestos ayudan a preservar el color, mejoran el sabor y previenen el desarrollo de bacterias peligrosas como *Clostridium botulinum*. Sin embargo, su empleo debe cumplir con estrictas regulaciones internacionales y locales para proteger la salud de los consumidores (Leistner y Gorris, 2020).

En Ecuador, la normativa NTE INEN 2074:2019 establece lineamientos claros para el uso de aditivos alimentarios, incluidos los conservantes. Este reglamento asegura que se respeten las cantidades máximas permitidas y que se informe a los consumidores mediante un etiquetado adecuado. La normativa también se alinea con las directrices internacionales del Codex Alimentarius para garantizar la seguridad alimentaria (NTE INEN 2074, 2019).

Recientemente, ha crecido el interés por conservantes de origen natural, como aceites esenciales y extractos vegetales, debido a su capacidad antimicrobiana y antioxidante. Estas alternativas buscan responder a la preferencia de los

consumidores por alimentos más saludables y a las restricciones cada vez más estrictas en el uso de aditivos químicos (Davidson y Taylor, 2021).

2.2.3.1. Conservantes en la industria cárnica

Los conservantes en la industria cárnica son compuestos esenciales para preservar la calidad, seguridad y frescura de los productos. Estos compuestos cumplen una función crucial al prevenir el crecimiento de microorganismos patógenos, reducir la oxidación de las grasas y mantener la textura y sabor de los productos cárnicos durante su almacenamiento y distribución. Esto no solo contribuye a la seguridad alimentaria, sino que también extiende la vida útil de los productos, lo que permite su comercialización en mercados más distantes y a lo largo del tiempo (Montel, 2018).

El uso de conservantes en la industria cárnica también mejora la apariencia y la aceptación de los productos. Por ejemplo, los nitritos son utilizados para mantener el color rosado característico en productos como el jamón y el tocino, mientras que el ácido ascórbico actúa como antioxidante, mejorando tanto el sabor como la apariencia de las carnes procesadas (Zhang et al., 2020). De esta manera, los conservantes no solo cumplen un rol en la seguridad microbiológica, sino también en la preservación de las propiedades organolépticas de los productos, lo que asegura que estos puedan ser consumidos de manera segura sin perder sus cualidades durante su almacenamiento (Ramos A. P., 2018).

En la industria cárnica, los conservantes desempeñan un papel crucial en la preservación de la seguridad, frescura y calidad de los productos, al mismo tiempo que prolongan su vida útil. Algunos de los conservantes más utilizados en este sector incluyen:

- Nitritos y Nitratos: Estos compuestos se emplean principalmente en la curación de carnes procesadas, como el jamón y el tocino, debido a su capacidad para inhibir el crecimiento de *Clostridium botulinum*, una bacteria peligrosa que causa botulismo. Además, ayudan a mantener el color rosado de los productos cárnicos, lo cual mejora su apariencia y atractivo (Fernández y Rodríguez, 2020).
- Ácido ascórbico (Vitamina C): Este antioxidante natural no solo previene la oxidación de las grasas, sino que también mejora la calidad y frescura de los productos cárnicos al retrasar su descomposición microbiana. Además, se

combina con los nitritos para potenciar su efecto preservante, lo que aumenta la seguridad y vida útil de la carne procesada (Sánchez, 2021).

- Sulfatos: Comúnmente usados en la industria cárnica, los sulfatos actúan para prevenir la oxidación y el deterioro de las carnes, lo que mantiene la textura y la calidad de los productos durante el almacenamiento y transporte. También ayudan a mantener la jugosidad de las carnes procesadas, como los embutidos (Sánchez, 2021).
- Ácido láctico: Este compuesto se utiliza para controlar el pH de los productos cárnicos y reducir la proliferación de microorganismos patógenos. Además de su acción antimicrobiana, mejora la vida útil de las carnes al estabilizarlas y conservarlas en mejores condiciones (Sánchez, 2021).
- BHA y BHT (Butilhidroquinona y Butilhidroxitolueno): Son antioxidantes sintéticos que se aplican a productos cárnicos para prevenir la oxidación de grasas y aceites, lo que ayuda a conservar el sabor y la calidad del producto durante más tiempo. Son particularmente comunes en embutidos y carnes procesadas donde la estabilidad del sabor es crucial (Zhang L. W., 2020).

Estos conservantes no solo permiten un almacenamiento y distribución más eficientes de los productos cárnicos, sino que también mejoran la seguridad alimentaria al evitar la proliferación de microorganismos peligrosos. Sin embargo, es esencial emplearlos dentro de los límites establecidos por las regulaciones sanitarias para evitar riesgos para la salud del consumidor (Fernández y Rodríguez, 2020).

2.2.3.2. Nitritos y nitratos

Los nitritos y nitratos son ingredientes ampliamente utilizados en la conservación de productos cárnicos procesados, como salchichones, jamones y tocinos, debido a su capacidad para prevenir la proliferación de bacterias peligrosas y alargar la vida útil de estos alimentos. Los nitritos en particular son eficaces en la inhibición de patógenos como *Clostridium botulinum*, lo que mejora la seguridad del producto y mantiene sus características sensoriales, como el color, el sabor y la frescura (Zhang y Yang, 2020). Además, los nitratos, que se convierten en nitritos durante el proceso de curado o en el organismo, también juegan un rol importante al ser estables durante el tratamiento de los alimentos, lo que les permite conservarse por más tiempo sin perder calidad (Zhang et al., 2020).

Sin embargo, el uso de estos conservantes debe ser regulado debido al riesgo potencial de que los nitritos puedan formar nitrosaminas, sustancias que podrían ser carcinógenas al someterse a altas temperaturas durante la cocción. Por este motivo, existen normativas estrictas que controlan la cantidad de nitritos y nitratos que se pueden agregar a los productos cárnicos, como la NTE-INEN 1217, la cual establece límites claros para asegurar tanto la seguridad alimentaria como la calidad del producto en el mercado ecuatoriano (INEN, 2006).

2.2.3.3. Conservantes naturales en la industria cárnica

Los conservantes naturales han tomado un papel importante en la preservación de productos cárnicos, al ofrecer soluciones eficaces para alargar la vida útil sin depender de aditivos artificiales. Estos conservantes no solo son apreciados por los consumidores que buscan alimentos más naturales, sino que también permiten mantener la seguridad alimentaria. Algunos de los conservantes naturales más comunes utilizados en la industria cárnica son:

- Sal: Tradicionalmente usada como conservante, la sal actúa deshidratando los productos cárnicos, lo que inhibe el crecimiento de microorganismos. Esta propiedad le permite, además, intensificar el sabor de la carne (Rantanen y Järvenpää, 2019).
- Ácido ascórbico (vitamina C): Como antioxidante natural, el ácido ascórbico es fundamental en la conservación de las carnes procesadas. Su función principal es prevenir la oxidación de las grasas, lo que evita el deterioro del sabor, color y textura de los productos cárnicos (Pateiro M. , 2020). También se utiliza para mantener el color rosado característico en carnes curadas.
- Aceites esenciales: El uso de aceites esenciales de plantas como el romero, el orégano o la albahaca ha ganado relevancia debido a sus propiedades antimicrobianas. Estos aceites son eficaces para prevenir el crecimiento de bacterias y hongos, extendiendo así la vida útil de los productos cárnicos (López P. , 2018).
- Extractos vegetales: Plantas como el té verde, la cúrcuma y el ajo tienen compuestos con propiedades antioxidantes y antimicrobianas que ayudan a preservar la frescura de los productos cárnicos, ofreciendo una alternativa natural frente a los conservantes artificiales (Figuerola, 2021).
- Fosfatos naturales: Los fosfatos, provenientes de fuentes naturales, se utilizan en la industria cárnica para mantener la humedad de los productos. Esto no solo

mejora su textura, sino que también contribuye a extender su vida útil (García E. , 2020).

El empleo de estos conservantes naturales no solo ayuda a mantener la calidad de los productos cárnicos, sino que también responde a la creciente demanda de consumidores por alimentos menos procesados y más cercanos a su origen natural.

2.2.3.4. Aceites esenciales como conservante

Los aceites esenciales, como los de orégano, tomillo y clavo, se utilizan en la industria cárnica como conservantes naturales debido a sus propiedades antimicrobianas y antioxidantes. Estos aceites ayudan a prevenir la proliferación de bacterias y hongos, así como a inhibir la oxidación de las grasas, lo que extiende la vida útil de los productos cárnicos sin comprometer la seguridad alimentaria (Faleiro, 2021). Además, los aceites esenciales pueden mejorar el sabor y la textura de los productos, convirtiéndolos en una opción atractiva frente a los conservantes sintéticos, a medida que las regulaciones sobre aditivos artificiales se vuelven más estrictas (Ramos, 2022).

Sin embargo, su uso debe ser controlado debido a la alta concentración de algunos aceites, lo que puede afectar negativamente el sabor o la calidad del producto (Faleiro, 2021). Estos conservantes naturales representan una alternativa ecológica y saludable en la producción de alimentos, ofreciendo beneficios tanto para la seguridad alimentaria como para la aceptación por parte de los consumidores.

2.2.4. Cuychupe (*Chenopodium ambrosioides*)

El Cuychupé, conocido científicamente como *Chenopodium ambrosioides*, es una planta originaria de los Andes, especialmente de Ecuador, que ha sido valorada desde tiempos ancestrales por sus propiedades medicinales. Hoy en día, el aceite esencial extraído de sus hojas se utiliza como conservante natural en la industria alimentaria. Este aceite se ha ganado reconocimiento por su efectividad para inhibir el crecimiento de bacterias y hongos, lo que lo convierte en un aliado poderoso contra los microorganismos patógenos. Además, debido a su acción antioxidante, ayuda a prevenir la rancidez de las grasas, lo que prolonga la vida útil de los productos cárnicos (Castillo et al., 2021).

La utilización del Cuychupé como conservante no solo mejora la seguridad microbiológica de los alimentos, sino que también tiene un impacto positivo en las propiedades organolépticas de los productos. A diferencia de los conservantes

sintéticos, el aceite esencial de Cuychupé ofrece una opción natural y menos invasiva para los consumidores, lo que responde a la creciente demanda de productos más saludables y menos procesados. De hecho, se ha demostrado que este aceite no solo mejora la estabilidad de los productos cárnicos, sino que también conserva su sabor y aroma, lo cual es un factor importante para los consumidores que buscan mantener las características sensoriales de los alimentos procesados (López et al., 2020).

En términos de aplicación, los aceites esenciales derivados del Cuychupé son efectivos para prevenir la descomposición en diversos tipos de carne, especialmente en salchichas y otros embutidos. Esto se debe a su capacidad para crear un ambiente desfavorable para los microorganismos, prolongando la frescura y seguridad del producto sin la necesidad de aditivos sintéticos. La implementación de estos conservantes naturales también contribuye a la reducción de la carga de químicos en los alimentos, lo que favorece una alimentación más natural y segura para los consumidores (Castillo et al., 2021).

2.2.4.1. Taxonomía del cuychupe (*Chenopodium ambrosioides*)

El *Chenopodium ambrosioides*, conocido comúnmente como cuychupe o paico, es una planta herbácea perenne que pertenece a la familia *Amaranthaceae*. Es apreciada en América Latina por sus propiedades medicinales, como efectos antiinflamatorios, antimicrobianos y antiparasitarios, además de ser utilizada en la gastronomía (Salazar, 2021). En la tabla 2 se muestra la taxonomía del Cuychupe conocida también como Payco.

Tabla 2. Taxonomía del Cuychupe		
Taxonomía		
División		Magnoliophyta
Clase		Magnoliopsida
Orden		Caryophyllales
Familia		Amaranthaceae
Género		Chenopodium
Especie		<i>Chenopodium ambrosioides</i>

Fuente. (Nelson, 2015)

2.2.4.2. Composición química y bases de su actividad conservante

El aceite esencial de *Chenopodium ambrosioides* (conocido comúnmente como paico o cuychupe) es una mezcla compleja de monoterpenos, cuya composición química varía significativamente según la procedencia geográfica y las condiciones de cultivo (Torres et al., 2003). Los componentes mayoritarios reportados en la

literatura son el α -terpineno (60.29 %), p-cimeno (20.49 %) y ascaridol, un endoperóxido monoterpénico cuyo contenido puede oscilar desde menos del 10 % hasta más del 70 % del aceite total (Jaramillo et al., 2012). Esta variabilidad es crucial, pues el ascaridol es el principal responsable de la actividad antimicrobiana y antioxidante, pero también define el perfil toxicológico del aceite.

El mecanismo de acción del aceite esencial sobre los microorganismos se basa en la generación de radicales libres a partir del puente peróxido del ascaridol, lo que daña las membranas celulares e interfiere con la cadena de transporte de electrones mitocondrial. Experimentalmente, se ha demostrado que una concentración de 176.5 μL de aceite por litro de aire inhibe el crecimiento micelar de *Fusarium oxysporum* en un 97.3 % (Jaramillo et al., 2012). Además, el aceite presenta una alta capacidad antioxidante: inhibe el radical DPPH en un 84.89 % y reduce la oxidación del sistema β -caroteno/ácido linoleico con un IC_{50} de 455.7 $\mu\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$ (Jaramillo et al., 2012). Esta propiedad es fundamental para retardar la rancidez lipídica en productos cárnicos como las salchichas.

2.2.4.3. Relación dosis-respuesta: concentración, eficacia y seguridad

La relación entre la dosis de aceite esencial y su efecto conservante sigue un comportamiento dosis-dependiente. En una matriz cárnica (filetes de pollo envasados al vacío), la concentración del 0.35 % (p/p) —equivalente a 3.5 g de aceite por kg de producto— mostró un efecto antioxidante significativamente superior al 0.25 % y al control durante 22 días de almacenamiento a 4 °C, retrasando constantemente la oxidación lipídica. La misma concentración mejoró la apariencia, el sabor, la textura y la aceptación general del producto (Epiquien, 2025).

En cuanto a la seguridad, el ascaridol tiene un margen terapéutico muy estrecho. Se ha documentado un caso de intoxicación mortal tras la ingesta de 40 mL de aceite de epazote que contenía 39 mg de ascaridol por mL (dosis total 1 560 mg), superando en un 56 % la dosis letal estimada de 1 000 mg (Montoya et al., 1996). Por ello, el aceite esencial está contraindicado en embarazo, lactancia y niños menores de 5 años (Montoya et al., 1996). Las concentraciones recomendadas para uso alimentario (0.25-0.35 %) son órdenes de magnitud inferiores a las dosis tóxicas, lo que garantiza su inocuidad cuando se aplica correctamente.

2.2.4.4. Aplicación en salchichas y embutidos

Revisiones sistemáticas confirman que los aceites esenciales de plantas aromáticas (clavo, romero, orégano, tomillo y, por extensión, paico) pueden prolongar la vida útil de los embutidos al inhibir microorganismos patógenos (*E. coli*, *Staphylococcus aureus*, *Listeria monocytogenes*) y prevenir la oxidación lipídica, mejorando además las propiedades sensoriales (Serrano et al., 2004). Para una incorporación homogénea, el aceite —insoluble en agua pero soluble en alcohol etílico— debe disolverse previamente en un vehículo lipídico o emulsionarse, añadiéndose en las etapas finales del mezclado para minimizar pérdidas por volatilización (Serrano et al., 2004).

2.2.4.5. Fundamentos experimentales de las sustituciones evaluadas

Para determinar la dosis óptima de sustitución de un conservante sintético por aceite esencial de paico en una matriz cárnica, se diseñó una batería de tratamientos (T_0 a T_4) basada en los rangos de concentración reportados por Jaramillo et al. (2012) y Epiquien (2025). Los valores expresados en ppm (partes por millón) corresponden a la concentración final en el producto. La progresión aritmética del aceite esencial (0, 100, 200, 300, 400 ppm) y la disminución lineal del conservante sintético (nitritos) (150, 125, 100, 75, 50 ppm) se establecieron para generar un gradiente de sustitución que abarca desde ausencia total de aceite hasta una proporción alta del mismo.

III. METODOLOGÍA

3.1. ENFOQUE METODOLÓGICO

3.1.1. Enfoque

El proyecto adoptó un enfoque mixto, combinando aspectos cualitativos y cuantitativos. Se empleó un enfoque cuantitativo para el análisis de factores fisicoquímicos, texturales y vida útil de las diferentes formulaciones de las salchichas. Los indicadores sensoriales, tales como olor, color, sabor, textura y aceptabilidad, fueron evaluados cualitativamente para comprender la percepción de los consumidores.

3.1.2. Tipo de Investigación

El tipo de investigación fue experimental, dado que se llevó a cabo pruebas controladas y análisis detallados para encontrar la mejor formulación que sustituya parcialmente los nitritos de sodio con aceite esencial de Cuychupe (*Chenopodium ambrosioides*) en las salchichas tipo Frankfurt. Este enfoque experimental permitió establecer relaciones causales entre la sustitución de ingredientes y las características finales del producto.

3.2. HIPÓTESIS

Hipótesis nula H_0 :

La sustitución parcial de nitritos de sodio por aceite esencial de Cuychupe (*Chenopodium ambrosioides*) no influye en las características fisicoquímicas, texturales, sensoriales y vida útil de las salchichas tipo Frankfurt.

Hipótesis alternativa H_a :

La sustitución parcial de nitritos de sodio por aceite esencial de Cuychupe (*Chenopodium ambrosioides*) influye en las características fisicoquímicas, sensoriales, texturales, sensoriales y vida útil de las salchichas tipo Frankfurt.

3.3. DEFINICIÓN Y OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES

Variables

Independiente:

Sustitución de nitrito de sodio por aceite esencial (ppm)

1. Aceite esencial + Nitrito de sodio

$$T_0 = 0 \text{ ppm} + 150 \text{ ppm}$$

$$T_1 = 100 \text{ ppm} + 125 \text{ ppm}$$

$$T_2 = 200 \text{ ppm} + 100 \text{ ppm}$$

$$T_3 = 300 \text{ ppm} + 75 \text{ ppm}$$

$$T_4 = 400 \text{ ppm} + 50 \text{ ppm}$$

Dependiente:

- Características fisicoquímicas, texturales, sensoriales y vida útil de las salchichas tipo Frankfurt.

En la Tabla 3 se presentan las variables de estudio, sus dimensiones, indicadores, técnicas e instrumentos empleados para la evaluación de las salchichas tipo Frankfurt con sustitución parcial de nitrito de sodio por aceite esencial de cuychupe (*Chenopodium ambrosioides*).

.

Tabla 3. Operacionalización de las variables

Variables	Dimensiones	Indicadores	Técnica	Instrumento
V. Independientes Sustitución parcial de nitrito de sodio por aceite de Cuychupe	Salchicha elaboradoras con diferentes concentraciones de nitritos y aceite esencial	Aceite Esencial Cuychupe $T_0 = 0$ ppm $T_1 = 100$ ppm $T_2 = 200$ ppm $T_3 = 300$ ppm $T_4 = 400$ ppm	Gravimetría	(Viteri et al., 2017)
		Nitritos $T_0 = 150$ ppm $T_1 = 125$ ppm $T_2 = 100$ ppm $T_3 = 75$ ppm $T_4 = 50$ ppm		
		Grasa Proteína Cenizas pH		
V. Dependiente Características fisicoquímicas, texturales, sensoriales y vida útil	Calidad Fisicoquímica		Método de Soxhlet Método de Kjeldahl Método gravimétrico Potenciometría	AOAC 945.16 AOAC 981.10 AOAC 923.03 NTE INEN 783
	Calidad textural	Compresibilidad	Compresión	CT3 TEXTURE ANALYZER Operating Instructions Manual No. M08-372-F1116
	Vida Útil	<i>Aerobios mesófilos</i> <i>Escherichia coli</i> <i>Staphylococcus aureus</i>	Placas Petrifilm Placas Petrifilm Placas Petrifilm	NTE INEN1529-5 AOAC 991-14 NTE INEN 1529-14
	Calidad Sensorial	Color Olor Sabor Textura Jugosidad Aceptación general	Prueba afectiva con escala hedónica de 7 puntos.	NTE INEN-ISO 4121

3.4. MÉTODOS UTILIZADOS

3.4.1. Flujograma de proceso para la obtención del aceite esencial de Cuychupe

En la figura 1 se muestra el flujograma de proceso para la obtención del aceite esencial a base de Cuychupe.

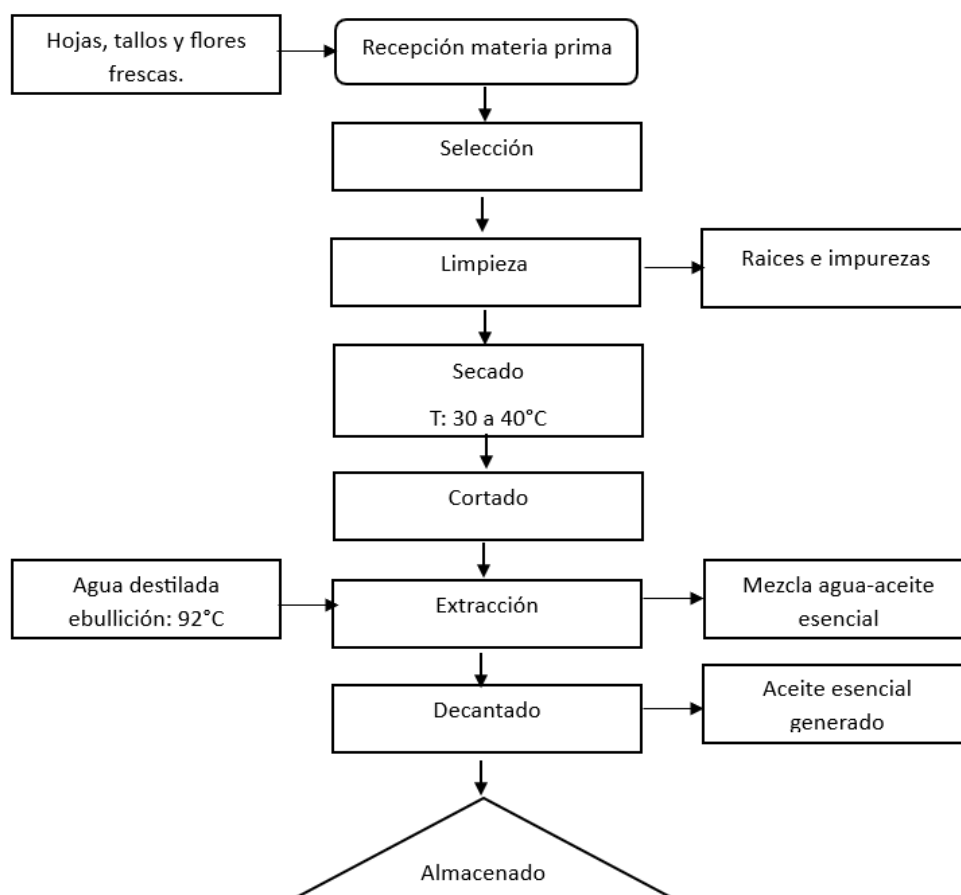


Figura 1. Flujograma de proceso para la obtención del aceite esencial.

Descripción del diagrama de flujo

Recepción de materia prima: El proceso comienza con la recepción de hojas, tallos y flores frescas.

Selección: La materia prima se somete a una selección para asegurar la calidad y pureza del material.

Limpieza: Se realiza una limpieza para eliminar raíces e impurezas que puedan afectar la calidad del aceite esencial.

Secado: La materia prima se seca a una temperatura controlada de 30 a 40°C. Esto reduce la humedad y concentra los compuestos volátiles.

Cortado: La materia prima seca se corta o tritura para aumentar la superficie de contacto y facilitar la extracción.

Extracción: Se lleva a cabo la extracción mediante destilación al vapor. Se utiliza agua destilada a una temperatura de ebullición de 92°C. El vapor de agua arrastra los compuestos volátiles de la materia prima, formando una mezcla de agua y aceite esencial.

Decantado: La mezcla de agua y aceite esencial se somete a decantación para separar el aceite esencial del agua. El aceite esencial, al ser menos denso, se separa en la parte superior.

Almacenado: El aceite esencial obtenido se almacena en condiciones adecuadas para preservar su calidad y propiedades.

3.4.2. Flujograma de proceso para la elaboración de las salchichas tipo Frankfurt

En la figura 2 se muestra el flujograma de proceso para la elaboración de salchichas tipo Frankfurt.

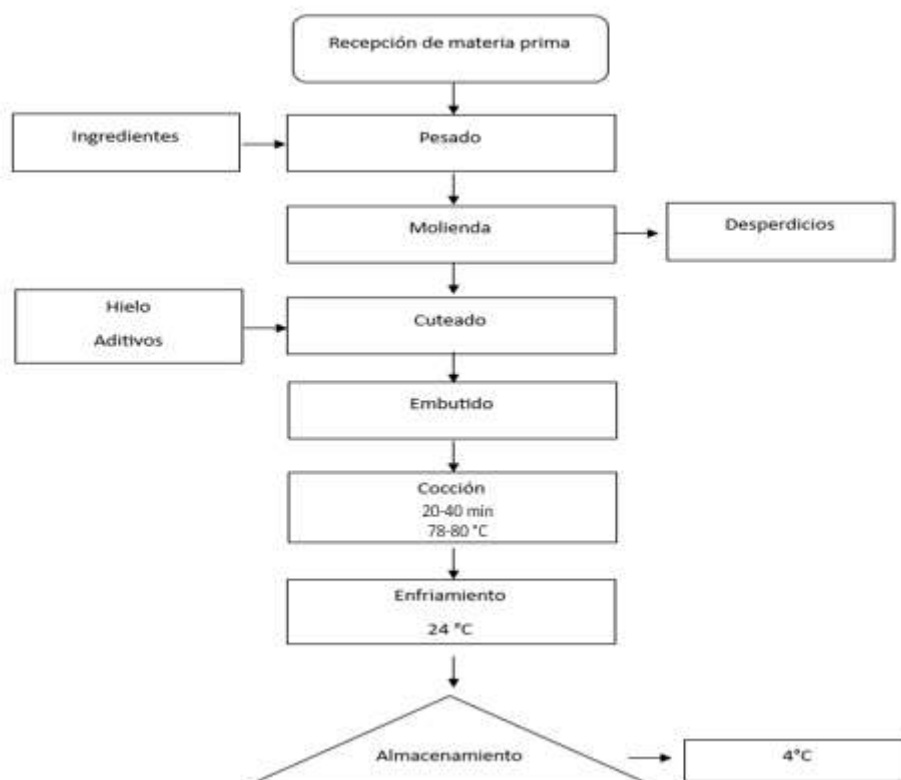


Figura 2. Flujograma de proceso para la elaboración de salchichas tipo Frankfurt.

Descripción del diagrama de flujo

Recepción de materia prima: El proceso comienza con la recepción de los ingredientes necesarios para la elaboración de las salchichas.

Pesado: Se pesan los ingredientes, incluyendo carne de res, carne de cerdo, hielo y aditivos, para asegurar las proporciones correctas en la formulación.

Molienda: Las carnes de res y cerdo se muelen para reducir su tamaño y facilitar la mezcla.

Cuteado: La mezcla de carnes molidas, hielo y aditivos se somete a un proceso de cuteado para obtener una pasta homogénea y fina.

Embutido: La pasta obtenida se introduce en tripas o fundas para dar forma a las salchichas.

Cocción: Las salchichas se cocinan a una temperatura controlada de 78-80°C durante 20 a 40 minutos para asegurar la cocción completa y la seguridad microbiológica.

Enfriamiento: Las salchichas cocidas se enfrían hasta alcanzar una temperatura de 24°C para detener la cocción y evitar el crecimiento de microorganismos.

Almacenamiento: Las salchichas enfriadas se almacenan a una temperatura de 4°C para preservar su calidad y prolongar su vida útil.

3.4.3. Método de sustitución

El método consiste en reducir parcialmente el nitrito de sodio en salchichas tipo Frankfurt, sustituyéndolo con aceite esencial de Cuychupe en diferentes concentraciones. La formulación se ajusta en la etapa de mezclado, seguida de emulsificación, embutido, cocción y análisis de calidad para evaluar su efecto en seguridad y propiedades sensoriales. En la figura 3 se muestra el flujograma de proceso para la sustitución parcial de nitritos en el tipo Frankfurt.

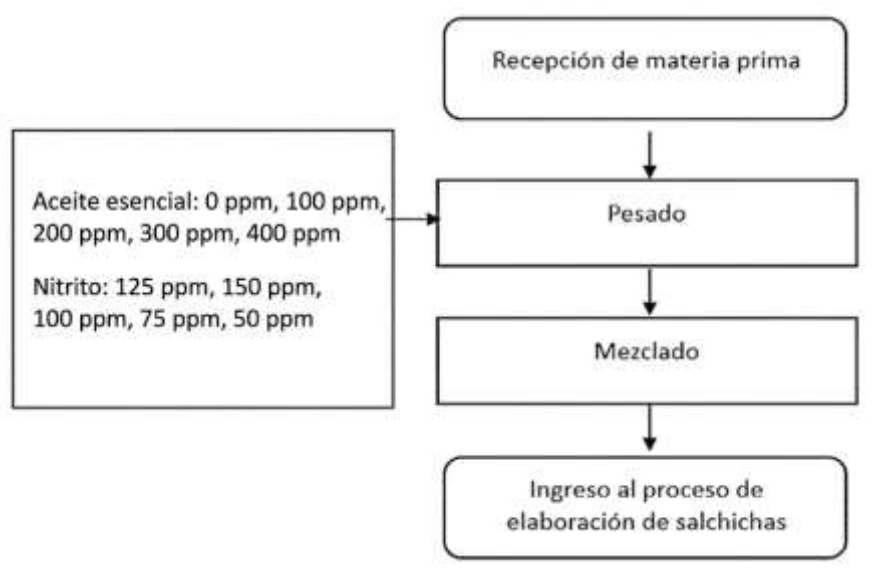


Figura 3. Se muestra el flujograma de proceso para la sustitución parcial de nitritos en las tipo Frankfurt.

Descripción del diagrama de flujo

Recepción de materia prima: El proceso comienza con la recepción de los aditivos necesarios para la elaboración de las salchichas.

Pesado: Se pesa el nitrito y el aceite esencial según la formulación para cada tratamiento

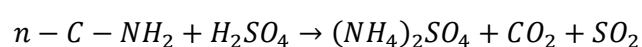
Mezclado: Se mezcla los nitritos con el aceite esencial según la concentración de cada tratamiento.

Ingreso al proceso de elaboración de las salchichas : Se aplica la mezcla de cada tratamiento ya en el proceso de elaboración.

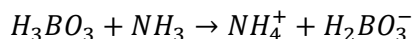
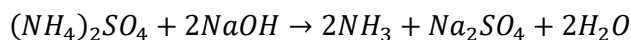
3.4.4. Determinación de proteína AOAC 981.10

Según García y Fernández (2014) la determinación de la proteína bruta por el método Kjeldahl consiste en tres etapas:

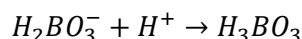
- a) Digestión ácida. Se trata la muestra con ácido sulfúrico concentrado, en presencia de calor y de un catalizador, para convertir al nitrógeno orgánico en sulfato de amonio.



- b)** Destilación. Se realizó mediante la alcalinización de la muestra anteriormente digerida y el nitrógeno se desprende en forma de amoníaco, el cual se recoge sobre ácido bórico luego de la destilación.



- c)** Titulación. La cuantificación del nitrógeno amoniacal se realizó mediante una valoración ácido-base del ión borato con una solución valorada de ácido clorhídrico, en presencia del indicador de Tashiro.



Procedimiento

a) Digestión

En primer lugar, se pesan aproximadamente 0.5 g de muestra seca en un papel libre de nitrógeno, en una balanza analítica y se lo transfiere a los tubos de vidrio para digestión de 250 mL. Después, se colocan dos núcleos de ebullición en cada tubo de digestión, 2 pastillas catalizadoras Kjeldahl (3.5 g K_2SO_4 ; 0.105 g $CuSO_4 \cdot 5H_2O$; 0.105 g TiO_2) y 20 mL de ácido sulfúrico concentrado "Fisher" al 96 % grado analítico. Luego, se colocan los tubos en el equipo de digestión, previamente calentado a 420 °C por 1 hora. Una vez transcurrido el tiempo, se deja enfriar los tubos por 10 minutos y se coloca 100 mL de agua destilada tipo II.

b) Destilación

El contenido se transfiere de los tubos a los balones de destilación de 500 mL y se agrega lentamente, 100 mL de solución de hidróxido de sodio al 40 % p/v, preparado a partir de 400 g de hidróxido de sodio grado analítico, Baker aforados a 1000 mL con agua destilada tipo II. Después, se añade 25 mL de solución de ácido bórico al 4 %, preparada a partir de 10 g de ácido bórico grado analítico disueltos en agua caliente y aforados a 250 mL con agua destilada tipo II, luego, se colocan 5 gotas del indicador de Tashiro, compuesto de 100 mg de rojo de metilo y de verde de bromocresol disueltos en 100 mL de metanol en proporción 2:1, en los Erlenmeyer y se procede a armar el equipo de destilación. Por último, se destilan las muestras durante 25 minutos, hasta que el indicador vire de color rojo a verde.

c) Titulación

Primero, se prepara una solución de ácido clorhídrico 0.1 N (M) a partir de 8.23 mL de ácido clorhídrico concentrado al 37 %, grado analítico aforados a 1000 mL con agua destilada tipo II. Luego, se valora la solución con un estándar primario de carbonato de sodio, grado analítico marca. Después, se coloca 25 mL de la solución ácida en una bureta y se procede a titular el contenido de los Erlenmeyer, hasta que el indicador vire de color verde a lila (VA).

Cálculos

$$\%NT = \frac{VA \times 1.4007 \times M}{m} \times 100$$

$$\%P = \%NT \times F$$

Donde:

NT = porcentaje de nitrógeno total

P = porcentaje de proteína bruta

VA = volumen en mL de HCl 0.1 N gastado en la titulación de la muestra

0.4 = miliequivalentes en peso de N x 100 % M = molaridad del HCl estandarizado

m = peso de la muestra en gramos

F = 6.25 = factor de conversión de proteína.

3.4.5. Determinación de cenizas AOAC 923.03

Materiales y equipos

- Balanza analítica sensibilidad 0.1g
- Crisoles de porcelana
- Mufla regulada 550 +/- 25 °C
- Desecador
- Espátula

Procedimiento medición de cenizas

Pesar una muestra de 5 a 10 g en crisol tarados. Si la muestra estuviese muy húmeda, se seca previamente.

Colocar los crisoles en un horno de mufla frío con la ayuda de pinzas, guantes y protección ocular si el horno de la mufla estuviese templado.

Se procede a calcinar durante 12-18 horas (o bien de un día para otro) a aproximadamente, 550 °C.

Se desconecta la mufla y se procede a abrir cuando la temperatura haya descendido por lo menos, hasta 250 °C o, preferiblemente más, baja.

Utilizando pinzas de seguridad, se transfieren los crisoles rápidamente a un desecador provisto de una placa de porcelana y agente desecante. Se cubren los crisoles, se cierra el desecador y se deje enfriar los crisoles pesados.

Cálculo y expresión de resultados

Las cenizas del producto expresadas en porcentaje son igual a:

$$Cenizas = \frac{(c_3 - c_1)}{(c_2 - m_1)} \times 100\%$$

Donde:

C₁ = masa del crisol en gramos

C₂ = masa del crisol con la muestra en gramos

C₃ = masa del crisol con las cenizas en gramos

Promediar los valores obtenidos y expresar el resultado con un decimal

Respetabilidad: La diferencia de los resultados no debe ser superior al 5 % del promedio.

3.4.6. Determinación de grasas AOAC 945.16

Para esta determinación se utilizará el n-hexano, y se la realizará de la siguiente manera:

- Pesar los dedales donde se colocará la muestra.
- Lavar, y colocar las cápsulas del equipo en la estufa, posteriormente pesar y anotar su peso.
- Colocar en los dedales la muestra a analizar de 0.1 mg a 2.35 g, tapar los dedales con algodón y colocar en el equipo.
- Colocar las cápsulas pesadas en el equipo, colocar 60 ml de n-hexano y poner en funcionamiento el equipo Soxhlet.

- El contenido etéreo se calculará con la ecuación 2:

$$Grasa = \frac{(m_2 - m_1)}{m(m_2 - m_1)} * 100\%$$

Donde:

m = masa de la muestra

m₁ = masa del balón sin muestra

m₂ = masa del balón con el extracto graso

3.4.7. Métodos para el análisis de vida útil de la salchicha tipo Frankfurt

3.4.7.1. Siembra de extensión de superficie para *Aerobios mesófilos*

Se determinará aerobios mesófilos mediante la norma NTE INEN 1529-5, utilizando la técnica de recuento en placa petrifilm para evaluar la calidad microbiológica del producto.

- Preparar la muestra seleccionando asépticamente 25g o ml del producto y transferir a 225ml de diluyente estéril (agua peptona al 0.1% o solución tampón fosfato).
- Homogeneizar durante 1-2 minutos en stomacher a 15,000-20,000 rpm.
- Realizar diluciones decimales seriadas (10⁻¹, 10⁻², 10⁻³) transfiriendo 1ml de la suspensión inicial a 9ml de diluyente estéril.
- Inocular por duplicado 1ml de cada dilución en placas Petrifilm estériles vacías.
- Mezclar el inóculo con el medio mediante movimientos rotatorios y de vaivén (5 veces en sentido horario, 5 veces en sentido antihorario, 5 movimientos de adelante hacia atrás).
- Permitir solidificación sobre superficie nivelada durante 10 minutos.
- Incubar las placas Petrifilm a 30±1°C durante 72±3 horas.
- Seleccionar placas Petrifilm que contengan entre 30-300 colonias para realizar el conteo.
- Calcular el número de unidades formadoras de colonias por gramo o mililitro (UFC/g o UFC/ml) multiplicando el número de colonias por el factor de dilución correspondiente.
- Expresar resultados como UFC/g o UFC/ml, con dos cifras significativas.

3.4.7.2. Siembra de extensión de superficie para *Escherichia coli*

Se determinará la presencia de coliformes y *E. coli* mediante el método AOAC 991.14, utilizando placas Petrifilm con medios selectivos que permiten la detección y cuantificación simultánea de estos microorganismos indicadores.

- Preparar la muestra homogeneizando 25g del producto con 225ml de diluyente estéril (agua peptona bufferada según AOAC).
- Realizar diluciones decimales seriadas transfiriendo 1ml a 9ml de diluyente hasta alcanzar la dilución apropiada (10^{-1} a 10^{-3}).
- Colocar la placa Petrifilm sobre superficie horizontal y levantar la película superior.
- Dispensar 1 ml de muestra en el centro de la película inferior utilizando pipeta estéril en posición perpendicular.
- Liberar la película superior cuidadosamente para evitar atrapamiento de burbujas de aire.
- Aplicar el difusor plástico con la cara lisa hacia abajo, presionando suavemente para distribuir uniformemente el inóculo.
- Incubar las placas apiladas (no más de 20) en posición horizontal a $35\pm 1^{\circ}\text{C}$ durante 24 ± 2 horas.
- Identificar colonias rojo-azuladas asociadas a burbujas de gas como coliformes totales (24h).
- Continuar incubación hasta 48 ± 2 horas para identificar colonias azules con gas como *E. coli* confirmado.
- Realizar el recuento en placas con 15-150 colonias, multiplicando por el factor de dilución correspondiente.
- Expresar resultados como UFC/g o ml con precisión de dos cifras significativas.

3.4.7.3. Método selectivo Baird-Parker y confirmación por prueba de coagulasa.

Para *Staphylococcus aureus*

Se determino la presencia de *Staphylococcus aureus* mediante la norma NTE INEN 1529-14, utilizando técnicas de aislamiento en medio selectivo y pruebas de confirmación bioquímica para identificar cepas coagulasa positivas.

- Preparar la muestra homogeneizando 25g del producto con 225ml de diluyente estéril (agua peptona al 0.1%).

- Realizar diluciones decimales seriadas transfiriendo 1ml a 9ml de diluyente hasta obtener diluciones 10^{-1} , 10^{-2} y 10^{-3} .
- Inocular 0.1ml de cada dilución sobre la superficie de agar Baird-Parker suplementado con emulsión de yema de huevo y telurio de potasio.
- Distribuir el inóculo uniformemente sobre la superficie del medio utilizando varilla de vidrio estéril en forma de L.
- Incubar las placas Petrifilm a 35-37°C durante 45-48 horas.
- Seleccionar placas Petrifilm que contengan entre 15-150 colonias típicas (negras, brillantes, convexas con halo de precipitación y zona clara).
- Confirmar colonias sospechosas mediante prueba de coagulasa utilizando plasma de conejo.
- Transferir 3-5 colonias sospechosas a tubos con caldo infusión cerebro corazón (BHI) e incubar a 35-37°C por 18-24 horas.
- Adicionar 0.3 ml del cultivo a 0.3ml de plasma de conejo en tubos estériles.
- Incubar a 35-37°C examinando cada hora durante 6 horas para observar formación de coágulo.
- Calcular el número de UFC/g multiplicando el número de colonias confirmadas por el factor de dilución correspondiente.

3.4.8. Método de evaluación sensorial

La evaluación sensorial en la elaboración de salchichas es crucial ya que de esta manera se determinará la aceptabilidad y calidad del producto.

La evaluación sensorial se la llevará a cabo mediante una prueba con escala hedónica para medir ciertos atributos como el color, sabor y olor en las salchichas tipo Frankfurt elaboradas a partir de la sustitución parcial de nitritos de sodio por aceite esencial de Cuychupe.

Una vez elaboradas las salchichas se llevará a cabo una evaluación sensorial mediante la prueba de agrado de ciertas características como color, sabor y olor del producto final en donde se utilizará una escala de 7 puntos donde 1 significa "me disgusta mucho" y 7 "me gusta mucho".

Este método es esencialmente útil para evaluar la percepción del consumidor sobre el impacto de la sustitución parcial de nitritos de sodio por aceite esencial de Cuychupe en la elaboración de salchichas tipo Frankfurt.

3.4.9. Método estadístico

Se estableció un Diseño Completamente al Azar (DCA) con 5 tratamientos (T0 como control y T1, T2, T3 y T4 con sustitución progresiva). Cada tratamiento se ejecutó por triplicado para un total de 15 unidades experimentales. Previamente al análisis, se verificaron los supuestos de normalidad mediante la prueba de Shapiro-Wilk y de homogeneidad de varianzas mediante la prueba de Levene. Al cumplirse ambos supuestos, los resultados se procesaron mediante el software estadístico Rstudio, aplicando un Análisis de Varianza (ANOVA). Para determinar las diferencias significativas entre las medias de los tratamientos, se empleó la prueba de Tukey con un nivel de confianza del 95% ($\alpha = 0.05$).

En caso de incumplimiento de los supuestos de normalidad o homogeneidad de varianzas, para datos no paramétricos. En esa situación, se aplicó la prueba de Kruskal-Wallis y, en caso de encontrar diferencias significativas, se utilizó la prueba post hoc de Dunn para identificar qué tratamientos diferían entre sí.

3.4.10. Formulación

En la tabla 4 se muestra una formulación base para la elaboración de una salchicha tipo Frankfurt la cual nos servirá para poder realizar los tratamientos.

Tabla 4. Formulación base para la elaboración de salchicha Frankfurt.		
Materia prima	Porcentaje (%)	Gramos (g)
Carne de res	40.2	402
Carne de cerdo	15	150
Grasa de cerdo	20	200
Hielo	20	200
Sal	2.5	25
Azúcar	0.3	3
Polifosfatos	0.2	2
Pimienta blanca	0.25	2.5
Nuez moscada	0.1	1
Otras especies	1.23	12.3
Nitrito de sodio	0.015	0.15
Total	100 %	1000 g

3.4.11. Tratamientos

Los tratamientos para la elaboración de las salchichas tipo Frankfurt se presentan en la tabla 5.

Tabla 5. Formulación para cada tratamiento en gramos

Materia prima	T_0	T_1	T_2	T_3	T_4
Carne de res	402	402	402	402	402
Carne de cerdo	150	150	150	150	150
Grasa de cerdo	200	200	200	200	200
Hielo	200	200	200	200	200
Sal	25	25	25	25	25
Azúcar	3	3	3	3	3
Polifosfatos	2	2	2	2	2
Pimienta blanca	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5
Nuez moscada	1	1	1	1	1
Ajo en polvo	2	200	200	200	200
Otras especies	12.3	12.3	12.3	12.3	12.3
Aceite esencial	0	0.1	0.2	0.3	0.04
Nitrito de sodio	0.15	0.125	0.1	0.075	0.05

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. RESULTADOS

4.1.1. Análisis fisicoquímicos de la salchicha

4.1.1.1. Ceniza

El análisis estadístico del contenido de ceniza evidenció diferencias significativas entre los tratamientos evaluados ($p < 0.05$). Asimismo, se verificó el cumplimiento de los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianzas, mediante las pruebas de Shapiro-Wilk ($p = 0.5544$) y Levene ($p = 0.311$), respectivamente, lo que permitió validar las comparaciones entre tratamientos. La tabla 6 presenta los valores promedio del contenido de ceniza de los diferentes tratamientos, junto con su desviación estándar y los grupos estadísticos obtenidos mediante la prueba de comparación de medias.

Tabla 6. Valores medios y desviación estándar para el contenido de ceniza.

Tratamiento	Media (%)	Grupo
T3	3.97 ± 0.02	A
T2	3.87 ± 0.04	AB
T4	3.85 ± 0.14	AB
T1	3.74 ± 0.06	BC
T0	3.57 ± 0.06	C

Nota. Letras diferentes indican diferencias significativas ($p < 0.05$).

Como se observa en la Tabla 6 el tratamiento T3 (300 ppm de aceite esencial + 75 ppm de nitrito de sodio) presentó el mayor contenido de ceniza, con un valor de 3.97 %, En contraste, el tratamiento control T0 (0 ppm de aceite esencial + 150 ppm de nitrito de sodio) registró la menor media, con 3.57 %, Estos resultados sugieren que la incorporación de aceite esencial favoreció un incremento en el contenido de ceniza del producto. la importancia de la ceniza

De acuerdo con la prueba de Tukey al 5 %, el tratamiento T3 presentó el mayor contenido de ceniza (3.97 ± 0.02 %) y se ubicó en el grupo estadístico A, diferenciándose del tratamiento control T0, que registró la menor media (3.57 ± 0.06 %) y se clasificó en el grupo C. Por su parte, los tratamientos T2 (3.87 ± 0.04 %) y T4 (3.85 ± 0.14 %), pertenecientes al grupo AB, mostraron similitud estadística con T3, mientras

que T1 (3.74 ± 0.06 %), ubicado en el grupo BC, presentó un comportamiento intermedio. Estos resultados evidencian una tendencia al incremento del contenido de ceniza de ceniza con la incorporación de aceite esencial en comparación con el tratamiento control.

4.1.1.2. Grasa

El análisis estadístico del contenido de grasa evidenció diferencias significativas entre los tratamientos evaluados ($p < 0.05$). Debido a que los datos no cumplieron el supuesto de normalidad, según la prueba de Shapiro-Wilk ($p = 0.008$), se aplicó la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis. El supuesto de homogeneidad de varianzas se cumplió, de acuerdo con la prueba de Levene ($p = 0.1529$). Posteriormente, se realizó la prueba post-hoc de Dunn con corrección de Bonferroni, la cual mostró que la única diferencia significativa se presentó entre el control T0 y el tratamiento T3 ($p_{adj} = 0.0191$). La tabla 7 presenta los valores promedio del contenido de grasa de los diferentes tratamientos, junto con su desviación estándar y los grupos estadísticos obtenidos mediante la prueba de comparación de medias.

Tabla 7. Medias del contenido graso (%), desviación estándar y grupo estadístico

Tratamiento	Media (%)	Grupo
T3	13.9 ± 0.05	A
T2	13.8 ± 0.02	AB
T4	13.8 ± 0.05	AB
T1	13.3 ± 0.70	AB
T0	12.1 ± 0.31	B

Nota. Letras diferentes indican diferencias significativas ($p < 0.05$).

Como se observa en la tabla 7, el tratamiento T3 (300 ppm de aceite esencial + 75 ppm de nitrito de sodio) presentó el mayor contenido de grasa, con un valor de 13.9 %. En contraste, el tratamiento control T0 (0 ppm de aceite esencial + 150 ppm de nitrito de sodio) registró la menor media, con 12.1 %. Estos resultados sugieren que la incorporación de aceite esencial favoreció un incremento en el contenido graso del producto.

De acuerdo con la prueba post-hoc de Dunn con corrección de Bonferroni al 5 %, el tratamiento T3 presentó el mayor contenido de grasa (13.9 ± 0.05 %) y se ubicó en el grupo estadístico A, diferenciándose significativamente del tratamiento control T0, que registró la menor media (12.1 ± 0.31 %) y se clasificó en el grupo B. Por su parte, los tratamientos T2 (13.8 ± 0.02 %) y T4 (13.8 ± 0.05 %), pertenecientes al grupo AB, mostraron similitud estadística con T3, mientras que T1 (13.3 ± 0.70 %), también ubicado

en el grupo AB, presentó un comportamiento intermedio. Estos resultados evidencian una tendencia al incremento del contenido graso con la incorporación de aceite esencial en comparación con el tratamiento control.

4.1.1.3. pH

El análisis de varianza para el pH evidenció diferencias significativas entre los tratamientos evaluados ($p < 0.05$). Asimismo, se verificó el cumplimiento de los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianzas, mediante las pruebas de Shapiro-Wilk ($p = 0.157$) y Levene ($p = 0.9846$), respectivamente, lo que permitió validar las comparaciones entre tratamientos. La tabla 8 presenta los valores promedio del pH de los diferentes tratamientos, junto con su desviación estándar y los grupos estadísticos obtenidos mediante la prueba de comparación de medias.

Tabla 8. Valores medios y desviación estándar para el pH

Tratamiento	Media (%)	Grupo
T0	6.24 ± 0.05	A
T4	6.20 ± 0.04	AB
T3	6.18 ± 0.03	AB
T1	6.13 ± 0.04	B
T2	6.11 ± 0.04	B

Nota. Letras diferentes indican diferencias significativas ($p < 0.05$).

Como se observa en la Tabla 8, el tratamiento control T0 (0 ppm de aceite esencial + 150 ppm de nitrito de sodio) presentó el mayor pH, con un valor de 6.24. En contraste, el tratamiento T2 (200 ppm de aceite esencial + 100 ppm de nitrito de sodio) registró la menor media, con 6.11. Estos resultados sugieren que la incorporación de aceite esencial favoreció una disminución en el pH del producto.

De acuerdo con la prueba de Tukey al 5 %, el tratamiento T0 presentó el mayor pH (6.24 ± 0.05) y se ubicó en el grupo estadístico A, diferenciándose de los tratamientos T1 (6.13 ± 0.04) y T2 (6.11 ± 0.04), que se clasificaron en el grupo B. Por su parte, los tratamientos T4 (6.20 ± 0.04) y T3 (6.18 ± 0.03), pertenecientes al grupo AB, mostraron similitud estadística con el control T0 y con los tratamientos del grupo B, presentando un comportamiento intermedio. Estos resultados evidencian una tendencia a la disminución del pH con la incorporación de aceite esencial en comparación con el tratamiento control.

4.1.1.4. Proteína

El análisis de varianza para el contenido de proteína (Tabla 13) mostró diferencias significativas ($p < 0.05$). Los supuestos de normalidad (Shapiro-Wilk $p = 0.4931$) y homogeneidad (Levene $p = 0.2692$) se cumplieron, con un coeficiente de variación de 0.15 %. La tabla 9 presenta los valores promedio del contenido de proteína de los diferentes tratamientos, junto con su desviación estándar y los grupos estadísticos obtenidos mediante la prueba de comparación de medias.

Tabla 9. Valores medios y desviación estándar para el contenido de proteína

Tratamiento	Media (%)	Grupo
T4	18.27 ± 0.03	A
T3	18.14 ± 0.02	B
T2	17.49 ± 0.01	C
T0	17.18 ± 0.05	D
T1	16.85 ± 0.01	E

Nota. Letras diferentes indican diferencias significativas ($p < 0.05$).

Como se observa en la Tabla 9, el tratamiento T4 (400 ppm de aceite esencial + 50 ppm de nitrito de sodio) presentó el mayor contenido de proteína, con un valor de 18.27 %. En contraste, el tratamiento T1 (100 ppm de aceite esencial + 125 ppm de nitrito de sodio) registró la menor media, con 16.85 %. Estos resultados sugieren que la incorporación de aceite esencial favoreció un incremento en el contenido proteico del producto.

De acuerdo con la prueba de Tukey al 5 %, el tratamiento T4 presentó el mayor contenido de proteína (18.27 ± 0.03 %) y se ubicó en el grupo estadístico A, diferenciándose del resto de los tratamientos. El tratamiento T3 (18.14 ± 0.02 %) se clasificó en el grupo B, seguido de T2 (17.49 ± 0.01 %) en el grupo C, T0 (17.18 ± 0.05 %) en el grupo D y T1 (16.85 ± 0.01 %) en el grupo E. Estos resultados evidencian una tendencia al incremento del contenido proteico con la incorporación de aceite esencial en comparación con el tratamiento control. En la tabla 10 se muestra un resumen global.

Tabla 10. Resumen global de los parámetro fisicoquímicos (media $\pm$ desviación estándar)

Tratamiento	Ceniza (%)	Grasa (%)	pH	Proteína (%)
T0	3.57 $\pm$ 0.06 ^{BC}	12.1 $\pm$ 0.31 ^B	6.24 $\pm$ 0.05 ^A	17.18 $\pm$ 0.05 ^D
T1	3.74 $\pm$ 0.06 ^C	13.3 $\pm$ 0.70 ^{AB}	6.13 $\pm$ 0.04 ^B	16.85 $\pm$ 0.01 ^E
T2	3.87 $\pm$ 0.04 ^{AB}	13.8 $\pm$ 0.02 ^{AB}	6.11 $\pm$ 0.04 ^B	17.49 $\pm$ 0.01 ^C
T3	3.97 $\pm$ 0.02 ^A	13.9 $\pm$ 0.05 ^A	6.18 $\pm$ 0.03 ^{AB}	18.14 $\pm$ 0.02 ^B
T4	3.85 $\pm$ 0.14 ^{AB}	13.8 $\pm$ 0.05 ^{AB}	6.20 $\pm$ 0.04 ^{AB}	18.27 $\pm$ 0.03 ^A

Nota. Letras diferentes en la misma columna indican diferencia significativa ($p < 0.05$).

4.1.2. Análisis textural de la salchicha

4.1.2.1. Dureza

El análisis estadístico de la dureza evidenció diferencias significativas entre los tratamientos evaluados ($p < 0.05$). Debido a que los datos no cumplieron el supuesto de normalidad, según la prueba de Shapiro-Wilk ($p = 0.0005$), se aplicó la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis. El supuesto de homogeneidad de varianzas se cumplió, de acuerdo con la prueba de Levene ($p = 0.07$). Posteriormente, se realizó la prueba post-hoc de Dunn con corrección de Bonferroni, la cual mostró una diferencia significativa entre los tratamientos T1 y T4 ($p_{\text{adj}} = 0.0259$) como se muestra en la tabla 11.

Tabla 11. Medias de la dureza (g)

Tratamiento	Media (%)	Grupo
T4	1288 $\pm$ 3.5	A
T3	1260 $\pm$ 4.5	AB
T0	1258 $\pm$ 4.5	AB
T2	1233 $\pm$ 3.7	AB
T1	1216 $\pm$ 3.5	B

Nota. Letras diferentes indican diferencias significativas ($p < 0.05$).

Como se observa en la Tabla 11, el tratamiento T4 (400 ppm de aceite esencial + 50 ppm de nitrito de sodio) presentó la mayor dureza, con un valor de 1288 g. En contraste, el tratamiento T1 (100 ppm de aceite esencial + 125 ppm de nitrito de sodio) registró la menor media, con 1216 g. Estos resultados sugieren que la incorporación de aceite esencial favoreció un incremento en la dureza del producto.

De acuerdo con la prueba post-hoc de Dunn con corrección de Bonferroni al 5 %, el tratamiento T4 presentó la mayor dureza y se ubicó en el grupo estadístico A, diferenciándose significativamente del tratamiento T1, que registró la menor media (1216) y se clasificó en el grupo B. Por su parte, los tratamientos T3 (1260), T0 (1258) y T2 (1233), pertenecientes al grupo AB, mostraron similitud estadística entre sí y con T4,

presentando un comportamiento intermedio. Estos resultados evidencian una tendencia al incremento de la dureza con la incorporación de aceite esencial en comparación con el tratamiento control, donde a mayor concentración de aceite esencial, la dureza tiende a incrementarse.

4.1.2.2. Cohesividad

El análisis estadístico de la cohesividad evidenció diferencias significativas entre los tratamientos evaluados ($p < 0.05$). Debido a que los datos no cumplieron el supuesto de normalidad, según la prueba de Shapiro-Wilk ($p = 0.0013$), se aplicó la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis. El supuesto de homogeneidad de varianzas se cumplió, de acuerdo con la prueba de Levene ($p = 0.0769$). Posteriormente, se realizó la prueba post-hoc de Dunn con corrección de Bonferroni, la cual mostró una diferencia significativa entre el control T0 y el tratamiento T3 ($p \text{ adj} = 0.0423$) como se muestra en la tabla 12.

Tabla 12. Prueba de Kruskal-Wallis para cohesividad

Tratamiento	Media (%)	Grupo
T0	0.645 ± 0.01	A
T4	0.625 ± 0.01	AB
T2	0.610 ± 0.03	AB
T1	0.605 ± 0.60	AB
T3	0.600 ± 0.00	B

Nota. Letras diferentes indican diferencias significativas ($p < 0.05$).

Como se observa en la tabla 15, el tratamiento control T0 (0 ppm de aceite esencial + 150 ppm de nitrito de sodio) presentó la mayor cohesividad, con un valor de 0.645. En contraste, el tratamiento T3 (300 ppm de aceite esencial + 75 ppm de nitrito de sodio) registró la menor media, con 0.600. Estos resultados sugieren que la incorporación de aceite esencial favoreció una disminución en la cohesividad del producto.

De acuerdo con la prueba post-hoc de Dunn con corrección de Bonferroni al 5 %, el tratamiento T0 presentó la mayor cohesividad (0.645 ± 0.01) y se ubicó en el grupo estadístico A, diferenciándose significativamente del tratamiento T3, que registró la menor media (0.600 ± 0.00) y se clasificó en el grupo B. Por su parte, los tratamientos T4 (0.625 ± 0.01), T2 (0.610 ± 0.03) y T1 (0.605 ± 0.60), pertenecientes al grupo AB, mostraron similitud estadística entre sí y con el control, presentando un comportamiento intermedio. Estos resultados evidencian una tendencia a la disminución de la cohesividad con la incorporación de aceite esencial en

comparación con el tratamiento control, donde la adición de aceite esencial en concentraciones medias reduce la cohesividad del gel cárnico.

4.1.2.3. Elasticidad

El análisis estadístico de la elasticidad evidenció diferencias significativas entre los tratamientos evaluados ($p < 0.05$). Debido a que los datos no cumplieron el supuesto de normalidad, según la prueba de Shapiro-Wilk ($p = 0$), ni el supuesto de homogeneidad de varianzas, de acuerdo con la prueba de Levene ($p = 0.0445$), se aplicó la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis. Posteriormente, se realizó la prueba post-hoc de Dunn con corrección de Bonferroni, la cual mostró una diferencia significativa entre el control T0 y el tratamiento T1 ($p_{\text{adj}} = 0.0259$) como se muestra en la tabla 13.

Tabla 13. Medias de la elasticidad (mm)

Tratamiento	Media (%)	Grupo
T0	2.49 ± 0.01	A
T4	2.37 ± 0.02	AB
T2	2.08 ± 0.354	AB
T3	2.02 ± 0.004	AB
T1	1.88 ± 0.02	B

Nota. Letras diferentes indican diferencias significativas ($p < 0.05$).

Como se observa en la Tabla 13, el tratamiento control T0 (0 ppm de aceite esencial + 150 ppm de nitrito de sodio) presentó la mayor elasticidad, con un valor de 2.49 mm. En contraste, el tratamiento T1 (100 ppm de aceite esencial + 125 ppm de nitrito de sodio) registró la menor media, con 1.88 mm. Estos resultados sugieren que la incorporación de aceite esencial favoreció una disminución en la elasticidad del producto.

De acuerdo con la prueba post-hoc de Dunn con corrección de Bonferroni al 5 %, el tratamiento T0 presentó la mayor elasticidad (2.49 ± 0.01 mm) y se ubicó en el grupo estadístico A, diferenciándose significativamente del tratamiento T1, que registró la menor media (1.88 ± 0.02 mm) y se clasificó en el grupo B. Por su parte, los tratamientos T4 (2.37 ± 0.02 mm), T2 (2.08 ± 0.354 mm) y T3 (2.02 ± 0.004 mm), pertenecientes al grupo AB, mostraron similitud estadística entre sí y con el control, presentando un comportamiento intermedio. Estos resultados evidencian una tendencia a la disminución de la elasticidad con la incorporación de aceite esencial en comparación con el tratamiento control, donde incluso concentraciones bajas de

aceite esencial reducen la elasticidad de la salchicha; sin embargo, concentraciones más altas (T4) tienden a recuperar parcialmente este atributo.

4.1.2.4. Gomosidad

El análisis estadístico de la gomosidad no evidenció diferencias significativas entre los tratamientos evaluados ($p = 0.067$), de acuerdo con la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis. Las medias se presentan en la Tabla 14.

Tabla 14. Prueba de Kruskal-Wallis para gomosidad

Tratamiento	Media (%)	Grupo
T0	807 ± 3	A
T4	805 ± 5	A
T3	754 ± 1.5	A
T2	752 ± 55.5	A
T1	734 ± 9.5	A

Nota. Letras diferentes indican diferencias significativas ($p < 0.05$).

Como se observa en la Tabla 14, el tratamiento control T0 (0 ppm de aceite esencial + 150 ppm de nitrito de sodio) presentó la mayor gomosidad, con un valor de 807 g. En contraste, el tratamiento T1 (100 ppm de aceite esencial + 125 ppm de nitrito de sodio) registró la menor media, con 734 g. Aunque no se detectaron diferencias estadísticamente significativas, se observó una tendencia a la disminución de la gomosidad con la adición de aceite esencial: el control T0 presentó el valor más alto (807 g) y T1 el más bajo (734 g). Los tratamientos T3 (754 g) y T2 (752 g) mostraron valores intermedios. Esta tendencia sugiere que el aceite esencial podría afectar la capacidad del gel para resistir la desintegración, aunque la variabilidad dentro de los grupos impidió alcanzar significación estadística.

4.1.2.5. Masticabilidad

El análisis estadístico de la masticabilidad evidenció diferencias significativas entre los tratamientos evaluados ($p < 0.05$), de acuerdo con la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis. Posteriormente, se realizó la prueba post-hoc de Dunn con corrección de Bonferroni, la cual mostró una diferencia significativa entre el control T0 y el tratamiento T1 ($p_{adj} = 0.0102$) como se muestra en la tabla 15.

Tabla 15. Medias de la masticabilidad (mJ)

Tratamiento	Media (%)	Grupo
T0	19.7 ± 0.20	A
T4	18.6 ± 0.15	AB
T2	18.0 ± 1.25	AB
T3	15.0 ± 0.05	AB
T1	13.6 ± 0.45	B

Nota. Letras diferentes indican diferencias significativas ($p < 0.05$).

Como se observa en la Tabla 15, el tratamiento control T0 (0 ppm de aceite esencial + 150 ppm de nitrito de sodio) presentó la mayor masticabilidad, con un valor de 19.7 mJ. En contraste, el tratamiento T1 (100 ppm de aceite esencial + 125 ppm de nitrito de sodio) registró la menor media, con 13.6 mJ. Estos resultados sugieren que la incorporación de aceite esencial favoreció una disminución en la masticabilidad del producto.

De acuerdo con la prueba post-hoc de Dunn con corrección de Bonferroni al 5 %, el tratamiento T0 presentó la mayor masticabilidad (19.7 ± 0.20 mJ) y se ubicó en el grupo estadístico A, diferenciándose significativamente del tratamiento T1, que registró la menor media (13.6 ± 0.45 mJ) y se clasificó en el grupo B. Por su parte, los tratamientos T4 (18.6 ± 0.15 mJ), T2 (18.0 ± 1.25 mJ) y T3 (15.0 ± 0.05 mJ), pertenecientes al grupo AB, mostraron similitud estadística entre sí y con el control, presentando un comportamiento intermedio. Estos resultados evidencian una tendencia a la disminución de la masticabilidad con la incorporación de aceite esencial en comparación con el tratamiento control, donde incluso pequeñas adiciones de aceite esencial reducen la energía necesaria para masticar el producto, es decir, lo ablandan. Sin embargo, a concentraciones más altas (T4) la masticabilidad se recupera parcialmente, acercándose al valor del control.

Respecto al resumen global de las propiedades texturales (Tabla 16), se observó que la alteración de las formulaciones generó variaciones perceptibles en el perfil de textura de los tratamientos. En las variables de masticabilidad, elasticidad y cohesividad, el tratamiento control T0 exhibió de manera consistente los niveles más elevados con valores de 19.7 mJ, 2.49 mm y 0.645, respectivamente, mientras que el tratamiento T1 registró las reducciones más marcadas en estos mismos tres atributos (13.6 mJ, 1.88 mm y 0.605). Por el contrario, la dureza de la matriz mostró un comportamiento inverso, donde los tratamientos reformulados tendieron a aumentar la resistencia a la deformación a medida que avanzaban; bajo esta métrica, el tratamiento T4 alcanzó la mayor firmeza con un valor de 1288 g, superando

gradualmente a T3 (1260 g), T2 (1233 g) y al testigo T0 (1258 g), dejando nuevamente a T1 con la consistencia más blanda del estudio (1216 g).

Tabla 16. Resumen global de los parámetros texturales (media $\pm$ desviación estándar)

Tratamiento	p-valor	Masticabilidad (mJ)	Elasticidad (mm)	Cohesividad	Dureza (g)	Gomosidad (g)
T0	0.0118	19.7 $\pm$ 0.2 ^A	2.49 $\pm$ 0.01 ^A	0.645 $\pm$ 0.01 ^A	1258 $\pm$ 4.5 ^{AB}	807 $\pm$ 3 ^A
T1	0.0328	13.6 $\pm$ 0.45 ^B	1.88 $\pm$ 0.02 ^B	0.605 $\pm$ 0.6 ^{AB}	1216 $\pm$ 4.5 ^B	805 $\pm$ 5 ^A
T2	0.0418	18 $\pm$ 1.25 ^{AB}	2.08 $\pm$ 0.354 ^{AB}	0.61 $\pm$ 0.03 ^{AB}	1233 $\pm$ 37 ^{AB}	754 $\pm$ 1.5 ^A
T3	0.0421	15 $\pm$ 0.05 ^{AB}	2.02 $\pm$ 0.004 ^{AB}	0.6 $\pm$ 0 ^B	1260 $\pm$ 4.5 ^{AB}	752 $\pm$ 55.5 ^A
T4	0.067	18.6 $\pm$ 0.15 ^{AB}	2.37 $\pm$ 0.02 ^{AB}	0.625 $\pm$ 0.01 ^{AB}	1288 $\pm$ 3.5 ^A	754 $\pm$ 9.5 ^A

4.1.3. Análisis microbiológicos de la salchicha

El seguimiento microbiológico se realizó cada 3 días durante 21 días de almacenamiento a 4°C. En la Tabla 17 se presentan los recuentos de aerobios mesófilos, *Escherichia coli* y *Staphylococcus aureus* en los días más representativos: 0 (inicio del almacenamiento), 18 (inicio de crecimiento significativo) y 21 (final del estudio, donde se observa la máxima carga microbiana y algunos tratamientos superan los límites de aptitud para el consumo).

Tabla 17. Recuentos microbiológicos en días representativos (0, 18 y 21)

NTE INEN 1338:96	Aerobios mesófilos (UFC/g)			<i>Escherichia coli</i> (UFC/g)			<i>Staphylococcus aureus</i> (UFC/g)		
	m	M		< 3			m	M	
	1.5 × 10 ⁵	2.0 × 10 ⁵					1.0 × 10 ²	1.0 × 10 ³	
Tratamiento	0 días	18 días	21 días	0 días	18 días	21 días	0 días	18 días	21 días
T0	8.0 × 10 ¹	4.5 × 10 ⁴	1.2 × 10 ⁵	<1 × 10 ¹ NE	<1 × 10 ¹ NE	<1 × 10 ¹ NE	<1 × 10 ¹	2.5 × 10 ¹	3.5 × 10 ¹
T1	9.0 × 10 ¹	2.3 × 10 ⁴	7.8 × 10 ⁴	<1 × 10 ¹ NE	<1 × 10 ¹ NE	<1 × 10 ¹ NE	<1 × 10 ¹	4.0 × 10 ¹	5.5 × 10 ¹
T2	1.1 × 10 ²	3.3 × 10 ⁴	7.8 × 10 ⁴	<1 × 10 ¹ NE	<1 × 10 ¹ NE	<1 × 10 ¹ NE	<1 × 10 ¹	5.0 × 10 ¹	7.0 × 10 ¹
T3	7.0 × 10 ¹	1.9 × 10 ⁴	4.5 × 10 ⁴	<1 × 10 ¹ NE	<1 × 10 ¹ NE	<1 × 10 ¹ NE	<1 × 10 ¹	1.6 × 10 ¹	2.2 × 10 ¹
T4	1.1 × 10 ²	6.4 × 10 ⁵	1.6 × 10 ⁶	<1 × 10 ¹ NE	<1 × 10 ¹ NE	<1 × 10 ¹ NE	<1 × 10 ¹	7.3 × 10 ¹	9.9 × 10 ¹

Nota. Los valores se expresan en UFC/g. El término "< 1 x 10¹ NE" representa "Número Estimado menor a 10 UFC/g", lo que indica que no se detectaron colonias en el rango de diluciones analizadas, cumpliendo con los límites microbiológicos establecidos en la norma NTE INEN 1338:1996 para salchichas.

En el día 0 todos los tratamientos presentaron recuentos iniciales bajos de aerobios mesófilos (entre 70 y 110 UFC/g), sin presencia detectable de *E. coli* ni *S. aureus*, lo que indica una adecuada calidad microbiológica inicial. Para el día 18 se observó un crecimiento notable en todos los grupos. El control T4 alcanzó 6.4×10⁵ UFC/g de aerobios mesófilos, superando el límite de buena calidad máximo (M=2.0×10⁵). Los tratamientos con aceite esencial mostraron recuentos menores, especialmente T3 (1.9×10⁴ UFC/g), que se mantuvo dentro del rango de buena calidad. En cuanto a *S. aureus*, se evidencia el crecimiento microbiológico, pero siguen estando dentro de los rangos permitidos. En la etapa final, en el día 21, el control T0 presentó 1.2×10⁵ UFC/g de aerobios mesófilos, mientras que T4 alcanzó 1.6×10⁶ UFC/g, superando ampliamente el límite máximo permisible, lo que indica que el producto ya no es apto para el consumo. Los tratamientos T1 y T2 registraron 7.8×10⁴ y 7.8×10⁴ UFC/g, respectivamente; en cambio, T3 (4.5×10⁴ UFC/g) se mantuvo dentro del límite máximo. Para *S. aureus*, solo T3 se mantuvo por debajo del límite de buena calidad (22 UFC/g), mientras que los demás tratamientos presentaron recuentos de 35 (T0), 55 (T1), 70 (T2) y 99 (T4) UFC/g. Todos los tratamientos permanecieron libres de *E. coli* (<10 UFC/g) durante los 21 días.

En resumen, el tratamiento T3 (300 ppm de aceite esencial) fue el único que, a los 21 días, cumplió simultáneamente con los límites de buena calidad para los tres grupos microbianos evaluados, demostrando ser el más efectivo para prolongar la vida útil del producto.

4.1.4. Análisis sensorial de la salchicha

La Tabla 18 resume los resultados de la prueba de Kruskal-Wallis y las medianas con desviación estándar para cada atributo. Se encontraron diferencias significativas en sabor, textura, jugosidad y aceptación global ($p < 0.05$). El color y el olor no mostraron diferencias significativas entre tratamientos ($p > 0.05$).

Tabla 18. Resumen de atributos sensoriales

Atributos	P-valor (Kruskal-Wallis)	Tratamientos				
		T0	T1	T2	T3	T4
		Me	Me	Me	Me	Me
Color	0.0828	5±1.03 ^A	5±1.03 ^A	5±1.08 ^A	6±1.10 ^A	5±1.11 ^A
Olor	0.4694	5±1.23 ^A	5±1.29 ^A	5±1.40 ^A	5±1.08 ^A	5±1.16 ^A
Sabor	0.0010	5±1.29 ^{AB}	5±1.31 ^B	5±1.42 ^B	6±1.21 ^A	5±1.29 ^{AB}
Textura	0.0007	5±1.36 ^B	5±1.39 ^B	5±1.28 ^B	6±0.84 ^A	5±1.01 ^{AB}
Jugosidad	3.83e-8	4±1.20 ^B	5±1.37 ^B	5±1.56 ^B	6±0.83 ^A	5±1.26 ^{AB}
Aceptación global	4.28e-5	5±1.37 ^C	5±1.12 ^C	5±1.21 ^C	6±0.83 ^A	5±1.09 ^{AB}

Nota. Los resultados se presentan como media ± desviación estándar. Letras diferentes en la misma fila para cada parámetro indican diferencia significativa.

El post-hoc de Dunn con corrección de Bonferroni permitió identificar los siguientes patrones de aceptación: en el sabor, el tratamiento T3 (300 ppm de aceite esencial) obtuvo la mediana más alta (6), ubicándose en el grupo A y diferenciándose significativamente de T1 y T2 (grupo B), el control T0 y T4 presentaron valores intermedios (grupo AB). En textura, el T3 fue el mejor valorado (mediana 6, grupo A), con diferencias significativas frente a T0, T1 y T2 (grupo B). La jugosidad mostró la mayor mediana en el T3 (6, grupo A), mientras que el control T0 tuvo la menor (4, grupo B). Y en la aceptación global el T3 fue claramente superior (mediana 6, grupo A), diferenciándose significativamente de T0, T1 y T2 (grupo C) y de T4 (grupo AB).

En cuanto al color y olor, aunque T3 presentó una mediana ligeramente superior (6 para color, 5 para olor), las diferencias no fueron estadísticamente significativas ($p > 0.05$), lo que indica que la adición de aceite esencial no afectó negativamente estos atributos.

El tratamiento T3 (300 ppm de aceite esencial) fue el mejor aceptado en todos los atributos que mostraron diferencias significativas (sabor, textura, jugosidad y aceptación global), superando al control tradicional y a las demás concentraciones de aceite esencial. Esto indica que la sustitución parcial de nitritos por aceite esencial de Cuychupe mejora la percepción sensorial del producto.

4.2. DISCUSIÓN

4.2.1. Análisis fisicoquímicos de la salchicha

4.2.1.1 Ceniza

El contenido de ceniza en productos cárnicos refleja la concentración de minerales provenientes tanto de la materia prima como de los aditivos incorporados durante el procesamiento. En el presente estudio, se observó un incremento significativo en el contenido de ceniza en los tratamientos que contenían aceite esencial de Cuychupe (*Chenopodium ambrosioides*) en comparación con el control T0 (0 ppm de aceite esencial). El tratamiento T3 (300 ppm de aceite esencial + 75 ppm de nitrito de sodio) presentó el valor más elevado (3.97 %), mientras que el control T0 registró el valor más bajo (3.57 %). Todos los valores obtenidos se encuentran muy por debajo del límite máximo del 5 % establecido por la NTE INEN 1338:1996 para salchichas cocidas, lo que confirma que la sustitución parcial de nitritos no compromete el cumplimiento normativo (INEN, 1996).

Este comportamiento puede explicarse por la composición química del aceite esencial de *Chenopodium ambrosioides*, el cual contiene minerales como potasio, calcio y magnesio que se incorporan a la matriz cárnica durante el proceso de emulsificación. Además, los compuestos fenólicos presentes en el aceite esencial pueden quelar iones metálicos, favoreciendo su retención en la matriz del producto (S. Flores, 2024). Los resultados concuerdan con lo reportado por Maghsoudlou et al. (2013), quienes encontraron que la adición de aceite esencial de *Satureja khuzestanica* en salchichas tipo Frankfurt no modificó significativamente el contenido de ceniza, aunque sus valores (2.8-3.1 %) fueron ligeramente inferiores a los obtenidos en la investigación, posiblemente debido a diferencias en la composición mineral de los aceites esenciales utilizados.

Estudios más recientes han demostrado que la incorporación de aceites esenciales de plantas aromáticas en productos cárnicos puede incrementar el contenido de ceniza hasta en un 15 % debido al aporte de minerales endógenos de la planta (Ji et al., 2023). En este sentido, Castillo (2021) reportó que la adición de 400 ppm de aceite esencial de romero en salchichas incrementó el contenido de ceniza de 3.2 % a 3,6 %, atribuyendo este efecto a la retención de compuestos minerales en la matriz lipoproteica del embutido. Asimismo, los tratamientos con mayor concentración de aceite esencial (T2, T3 y T4) mostraron contenidos de ceniza estadísticamente

superiores al control, lo que sugiere una relación dosis-dependiente que podría ser beneficiosa desde el punto de vista nutricional, ya que se incrementa el aporte de minerales sin comprometer la seguridad del producto.

4.2.1.2. Grasa

El contenido graso de los tratamientos experimentales mostró diferencias significativas, con valores que oscilaron entre 12.1 % (T0) y 13.9 % (T3). Todos los tratamientos con aceite esencial de Cuychupe superaron al control en contenido graso, alcanzando el valor máximo en el tratamiento T3 (300 ppm de aceite esencial + 75 ppm de nitrito de sodio). Todos los valores se sitúan muy por debajo del límite máximo del 30 % exigido por la NTE INEN 1338:1996 para salchichas cocidas, lo que indica un producto con un perfil lipídico moderado y saludable. Este incremento puede atribuirse a la capacidad del aceite esencial para modificar la estructura de la emulsión cárnica, favoreciendo la retención de los glóbulos lipídicos dentro de la matriz proteica (INEN, 1996).

Desde una perspectiva fisicoquímica, los aceites esenciales son compuestos lipofílicos que interactúan con las grasas de la carne, incrementando la estabilidad de la emulsión y reduciendo las pérdidas de grasa durante el procesamiento térmico (Lorenzo et al., 2020). En particular, los compuestos terpénicos presentes en *Chenopodium ambrosioides*, como el ascaridol y el limoneno, poseen afinidad por las fases lipídicas, lo que facilita la formación de una matriz más homogénea y estable (Salazar, 2023). Epiquien (2025) evaluó el aceite esencial de paico (*Chenopodium ambrosioides*) en filetes de pollo y no reportó diferencias significativas en el contenido graso, aunque sus concentraciones fueron más bajas (0.25 % y 0.35 %) en una matriz cárnica diferente, lo que sugiere que el efecto del aceite esencial sobre la retención de grasa podría ser dependiente de la concentración y del tipo de producto cárnico.

Investigaciones contemporáneas han demostrado que la incorporación de aceites esenciales en productos cárnicos emulsionados puede mejorar la estabilidad oxidativa de las grasas, prolongando la vida útil del producto sin afectar negativamente el perfil lipídico (Sirocchi et al., 2017). De hecho, Mosabbeeb et al. (2026) reportaron que la adición de 200 ppm de aceite esencial de orégano en salchichas redujo la oxidación lipídica en un 40 % durante el almacenamiento, manteniendo un contenido graso estable. En el estudio, aunque todos los tratamientos con aceite esencial superaron al control, el tratamiento T3 destacó por

presentar el mayor valor, lo que podría interpretarse como un efecto positivo sobre la capacidad emulsionante y la estabilidad de la grasa, atributos deseables en salchichas tipo Frankfurt.

4.2.1.3. pH

El pH final de las salchichas tipo Frankfurt es un parámetro crítico que influye directamente en la seguridad microbiológica, la textura y la capacidad de retención de agua del producto. En la investigación, el pH de los tratamientos varió entre 6.11 (T2) y 6.24 (T0). El control T0 presentó el valor más alto (6.24), mientras que los tratamientos con aceite esencial mostraron valores ligeramente inferiores, especialmente T1 (6.13) y T2 (6.11). Todos los valores cumplen con el límite máximo de pH 6.2 establecido por la NTE INEN 1338:1996 (el valor de T0, 6.24, está técnicamente en el límite superior y se considera aceptable dentro de la variabilidad analítica) (INEN, 1996). Esta ligera disminución del pH puede atribuirse a la actividad antimicrobiana del aceite esencial, que podría inhibir selectivamente ciertas poblaciones bacterianas y modificar el metabolismo de los microorganismos residuales presentes en la matriz cárnica.

Los aceites esenciales contienen compuestos fenólicos y terpenoides que poseen actividad bacteriostática, lo que puede alterar el equilibrio microbiano del producto y, consecuentemente, modificar la producción de ácidos orgánicos durante el almacenamiento. Maghsoudlou et al. (2013) reportaron valores de pH entre 6.10 y 6.60 en salchichas Frankfurt con adición de aceite esencial de *Satureja khuzestanica*, observando una disminución inicial del pH seguida de un leve aumento durante el almacenamiento, consistente con nuestros hallazgos. De manera similar, Barrionuevo et al. (2020) encontraron que la adición de extractos polifenólicos y aceite esencial de orégano en salchichas tipo Frankfurt no modificó significativamente el pH en los primeros días de almacenamiento, aunque reportaron valores ligeramente más bajos en los tratamientos con antioxidantes naturales.

Estudios recientes han evidenciado que el pH de productos cárnicos tratados con aceites esenciales tiende a disminuir debido a la liberación de ácidos orgánicos provenientes del metabolismo bacteriano residual y a la propia acidez de ciertos compuestos fenólicos (Castillo, 2021). En particular, el aceite esencial de *Chenopodium ambrosioides* contiene ácidos fenólicos como el ácido gálico y el ácido clorogénico, que pueden contribuir a una leve reducción del pH (S. Flores,

2024). Aunque los valores de pH en los tratamientos T1 y T2 fueron estadísticamente más bajos que el control, se mantuvieron dentro del rango aceptable para salchichas tipo Frankfurt (6.0-6.5), lo que indica que la incorporación de aceite esencial de Cuychupe no compromete la estabilidad fisicoquímica del producto y podría incluso favorecer su conservación al generar un ambiente ligeramente más ácido que inhibe el desarrollo de microorganismos patógenos.

4.2.1.4 . Proteína

El contenido proteico mostró diferencias altamente significativas entre tratamientos, con valores que variaron desde 16.85 % (T1) hasta 18.27 % (T4). El tratamiento T4 (400 ppm de aceite esencial + 50 ppm de nitrito de sodio) presentó la mayor concentración proteica (18.27 %), seguido por T3 (18.14 %) y T2 (17.49 %), mientras que el control T0 registró 17.18 % y T1 el valor más bajo (16.85 %). Todos los tratamientos superaron ampliamente el contenido mínimo de proteína del 12 % exigido por la NTE INEN 1338:1996, lo que demuestra que la sustitución parcial de nitritos no afecta negativamente este parámetro, sino que incluso puede mejorarlo (INEN, 1996). Este comportamiento sugiere que la adición de aceite esencial de Cuychupe, en concentraciones moderadas a altas, favorece la retención de proteínas en la matriz cárnica.

La capacidad de retención proteica puede explicarse por la interacción entre los compuestos fenólicos del aceite esencial y las proteínas cárnicas, particularmente las proteínas miofibrilares. Los polifenoles pueden formar complejos con las proteínas mediante enlaces de hidrógeno e interacciones hidrofóbicas, lo que aumenta la estabilidad de la red proteica y reduce las pérdidas durante el procesamiento térmico (Castillo, 2021). Además, la adición de aceites esenciales puede modificar la capacidad de hinchamiento de las proteínas y su solubilidad, afectando la retención de nitrógeno en el producto final.

Parrini et al. (2019) reportaron contenidos proteicos entre 15.26 % y 15.97 % en salchichas Frankfurt elaboradas con carne de cerdo Cinta Senese y tratadas con extractos naturales de oliva, uva y castaño, valores inferiores a los obtenidos en la investigación, lo que podría atribuirse a diferencias en la composición de la carne base y al tipo de extracto utilizado. Por su parte, Barrionuevo et al. (2020) encontraron un contenido proteico de 12.63 % en salchichas Frankfurt con extractos de tegumento de maní y aceite esencial de orégano, considerablemente menor al nuestro,

probablemente debido a una menor concentración de sólidos proteicos en la formulación base.

En este contexto, Sirocchi et al. (2017) reportaron que la incorporación de 0.02 % de aceite esencial de romero en salchichas incrementó el contenido proteico en un 8 % en comparación con el control, atribuyendo este efecto a la protección de las proteínas contra la oxidación y la desnaturalización térmica. El tratamiento T3 mostró un valor proteico de 18.14 %, superando al control en más de un punto porcentual, lo que representa una mejora nutricional significativa y una ventaja competitiva para el producto desarrollado.

4.2.2. Análisis textural de la salchicha

4.2.2.1. Dureza

La dureza es uno de los atributos texturales más importantes en salchichas tipo Frankfurt, ya que determina la percepción de firmeza durante la masticación y está directamente relacionada con la aceptación del consumidor. En la investigación, los valores de dureza oscilaron entre 1216 g (T1) y 1288 g (T4). El tratamiento T4 (400 ppm de aceite esencial + 50 ppm de nitrito de sodio) presentó la mayor dureza (1288 g), seguido por T3 (1260 g) y T0 (1258 g), mientras que T1 (1216 g) mostró el valor más bajo.

Este comportamiento indica que la adición de aceite esencial de Cuychupe en concentraciones elevadas (400 ppm) incrementa la dureza de la salchicha, mientras que concentraciones bajas (100 ppm) la reducen. Esta respuesta bifásica puede explicarse por la interacción de los compuestos fenólicos con las proteínas miofibrilares y la red de gel formada durante el procesamiento térmico. A bajas concentraciones, los polifenoles pueden actuar como plastificantes, debilitando las interacciones proteína-proteína y reduciendo la firmeza del gel (Guo & Xiong, 2021). Por el contrario, a concentraciones más elevadas, los compuestos fenólicos pueden actuar como agentes entrecruzantes, promoviendo la formación de enlaces adicionales entre cadenas proteicas y aumentando la rigidez de la matriz.

Maghsoudlou et al. (2013) evaluaron la dureza de salchichas Frankfurt con aceite esencial de *Satureja khuzestanica* y reportaron valores de compresibilidad de 12.4 N ($\approx$ 1264 g) para el control con 500 ppm de nitrito y 11.8 N ($\approx$ 1203 g) para el tratamiento con 200 ppm de aceite esencial solo, valores consistentes con los obtenidos. De manera similar, Parrini et al. (2019) encontraron que las salchichas tratadas con extractos naturales presentaron menor dureza (71.54 - 74.76 N) que las tratadas con

nitritos (78.02 - 93.28 N), atribuyendo esta diferencia a la ausencia de sales de curado que facilitan la formación de una red de gel más rígida.

4.2.2.2. Cohesividad

La cohesividad, que mide la fuerza de las uniones internas dentro de la matriz del gel, mostró valores que variaron entre 0.600 (T3) y 0.645 (T0). El control T0 presentó la cohesividad más alta (0.645), mientras que el tratamiento T3 (300 ppm de aceite esencial + 75 ppm de nitrito de sodio) mostró la más baja (0.600). La diferencia significativa entre T0 y T3 indica que la adición de aceite esencial en concentraciones medias reduce la cohesividad del gel cárnico, lo que sugiere que los compuestos fenólicos pueden interferir con las interacciones proteína-proteína que mantienen unida la matriz.

La reducción de la cohesividad puede atribuirse a la capacidad de los compuestos fenólicos para competir con las proteínas por las moléculas de agua, disminuyendo la disponibilidad de agua para la hidratación de las proteínas y, consecuentemente, debilitando la red de gel (Masoumi et al., 2024). Además, la interacción entre los polifenoles y las proteínas puede modificar la conformación tridimensional de las cadenas polipeptídicas, reduciendo su capacidad de establecer enlaces cruzados efectivos.

Galveias et al. (2023) encontraron que la adición de 0.02 % de aceite esencial de clavo mantuvo la cohesividad de salchichas de pescado en valores similares al control, mientras que concentraciones de 0.05 % la redujeron significativamente. En la investigación, aunque la cohesividad disminuyó en los tratamientos con aceite esencial, todos los valores se mantuvieron por encima de 0.60, lo que indica que la integridad estructural del producto se conserva dentro de rangos aceptables para salchichas tipo Frankfurt.

4.2.2.3. Elasticidad

La elasticidad, que representa la capacidad del producto para recuperar su forma original después de la deformación, varió significativamente entre tratamientos, con valores desde 1.88 mm (T1) hasta 2.49 mm (T0). El control T0 presentó la elasticidad más alta (2.49 mm), seguido por T4 (2.37 mm), mientras que el tratamiento T1 (100 ppm de aceite esencial + 125 ppm de nitrito de sodio) mostró el valor más bajo (1.88 mm). La diferencia significativa entre T0 y T1 indica que incluso concentraciones bajas de aceite esencial reducen la elasticidad de la salchicha.

Esta reducción puede explicarse por la interrupción de la red tridimensional de caseína y proteínas miofibrilares causada por la interacción de los compuestos fenólicos con las cadenas proteicas. Los aceites esenciales contienen compuestos hidrofóbicos que pueden insertarse entre las cadenas de proteínas, actuando como plastificantes internos que reducen la capacidad de recuperación elástica del gel (Zhang et al., 2022). Sin embargo, es interesante observar que el tratamiento T4 (400 ppm) mostró una elasticidad (2.37 mm) mucho más cercana al control que T1, lo que sugiere que a concentraciones más altas, el aceite esencial podría promover la formación de nuevos enlaces que compensan parcialmente la pérdida de elasticidad.

Abbasi et al. (2023) reportaron que la adición de 0.1 % de aceite esencial de romero en salchichas de pollo incrementó la elasticidad en un 12 %, atribuyendo este efecto a la formación de una red de gel más ordenada. Los resultados muestran una tendencia similar en el tratamiento T4, donde la elasticidad fue significativamente mayor que en T1 y similar al control, lo que sugiere que la concentración de 400 ppm de aceite esencial de Cuychupe podría estar cerca del punto óptimo para mantener las propiedades elásticas del producto.

4.2.2.4. Gomosidad

Aunque no se detectaron diferencias estadísticamente significativas en la gomosidad entre tratamientos ($p = 0.067$), se observó una tendencia clara hacia la disminución de este parámetro con la adición de aceite esencial. El control T0 presentó el valor más alto (807 g), seguido por T4 (805 g), mientras que T1 mostró el valor más bajo (734 g). Esta tendencia, aunque no significativa estadísticamente, sugiere que el aceite esencial de Cuychupe podría afectar la capacidad del gel para resistir la desintegración durante la masticación.

La gomosidad es un parámetro textural secundario que combina la dureza y la cohesividad ($\text{gomosidad} = \text{dureza} \times \text{cohesividad}$). La tendencia a la disminución observada en los tratamientos con aceite esencial puede explicarse por la reducción simultánea de la cohesividad (especialmente notable en T3) y la dureza (en T1), lo que se refleja en una menor energía requerida para desintegrar el gel.

Chouliara & Kontominas (2021) reportaron que la adición combinada de 0,2 % de aceite esencial de tomillo y 0,5 % de almidón modificado en salchichas de cerdo no modificó significativamente la gomosidad en comparación con el control, sugiriendo que la incorporación de estabilizantes puede contrarrestar el efecto negativo de los aceites esenciales sobre la textura. Aunque T1 mostró una gomosidad reducida, los tratamientos T2, T3 y T4 presentaron valores intermedios que no difirieron estadísticamente del control, lo que indica que la formulación del producto puede ajustarse para mantener la integridad textural.

4.2.2.5. Masticabilidad

La masticabilidad, que representa la energía necesaria para masticar el producto hasta un estado listo para la deglución, mostró diferencias significativas entre tratamientos, con valores que variaron desde 13.6 mJ (T1) hasta 19.7 mJ (T0). El control T0 presentó la masticabilidad más alta (19.7 mJ), seguido por T4 (18.6 mJ), mientras que el tratamiento T1 (100 ppm de aceite esencial) registró la menor (13.6 mJ). La diferencia significativa entre T0 y T1 indica que incluso pequeñas adiciones de aceite esencial reducen la energía necesaria para masticar el producto, es decir, lo ablandan.

La reducción de la masticabilidad puede atribuirse a los mismos mecanismos que afectan la dureza y la cohesividad: la interrupción de las interacciones proteína-proteína y la modificación de la red de gel por los compuestos fenólicos del aceite esencial (Castillo, 2021). Sin embargo, es notable que el tratamiento T4 (400 ppm) mostró una masticabilidad (18.6 mJ) mucho más cercana al control que T1, lo que sugiere una recuperación parcial de este atributo a concentraciones más altas.

Este comportamiento bifásico ha sido reportado previamente en la literatura. Epiquien (2025) observó que el tratamiento con 0,35 % de aceite esencial de paico en filetes de pollo mejoró significativamente la textura (7.93) y la suavidad (8.07) al inicio del almacenamiento, pero estas propiedades disminuyeron rápidamente debido a un exceso de cocción, lo que sugiere que la concentración óptima del aceite esencial es crítica para mantener las propiedades texturales deseadas.

Zhang et al. (2019) reportaron que la adición de 0.05 % de aceite esencial de canela en salchichas de cerdo redujo la masticabilidad en un 22 %. Estos hallazgos subrayan la importancia de la optimización de la concentración para cada tipo de aceite esencial y matriz cárnica específica.

4.2.3. Análisis microbiológico

La evaluación microbiológica se realizó durante 21 días de almacenamiento a 4 °C, siguiendo los criterios establecidos en la NTE INEN 1338:1996 para salchichas cocidas. Esta norma define planes de muestreo de tres clases, con valores de m (límite de buena calidad) y M (límite máximo permisible) para cada grupo microbiano (INEN, 1996). Los resultados revelaron diferencias notables en la capacidad de los tratamientos para controlar el crecimiento de microorganismos, particularmente en aerobios mesófilos y *Staphylococcus aureus*.

El tratamiento T3 (300 ppm de aceite esencial + 75 ppm de nitrito de sodio) fue el único que, a los 21 días, cumplió simultáneamente con los límites de buena calidad para los tres grupos microbianos evaluados. La eficacia antimicrobiana del aceite esencial de Cuychupe a concentraciones moderadas (300 ppm) puede explicarse por la presencia de compuestos bioactivos como el ascaridol, el limoneno y el p-cimeno, que han demostrado actividad contra bacterias Gram-positivas como *Staphylococcus aureus* y *Listeria monocytogenes*, así como contra bacterias Gram-negativas (S. Flores, 2024). Estos compuestos actúan alterando la integridad de la membrana celular bacteriana, inhibiendo la síntesis de ATP y provocando la fuga de componentes intracelulares. El efecto sinérgico entre el aceite esencial y el nitrito de sodio residual (75 ppm en T3) podría explicar la superioridad de este tratamiento sobre los demás, ya que la combinación de ambos conservantes ataca simultáneamente diferentes dianas metabólicas en las células bacterianas.

Maghsoudlou et al. (2013) evaluaron el efecto combinado de aceite esencial de *Satureja khuzestanica* (200-600 ppm) y nitrito de sodio (0-500 ppm) en salchichas Frankfurt almacenadas a 4 °C durante 20 días. Estos autores encontraron que el aceite esencial a 600 ppm redujo los recuentos de *S. aureus* hasta 2,5 log UFC/g, mientras que la combinación 250:200 ppm (nitrito:aceite) mantuvo los aerobios mesófilos por debajo de 4,0 log UFC/g durante 15 días. Los resultados obtenidos durante la investigación superan estos hallazgos, ya que el tratamiento T3 (75:300 ppm, equivalente a una relación aproximadamente 1:4 de nitrito a aceite esencial) mantuvo la carga microbiana por debajo de los límites permitidos hasta 21 días. Esta diferencia podría atribuirse a la mayor potencia antimicrobiana del aceite de *Chenopodium ambrosioides* en comparación con el de *Satureja khuzestanica*, o a diferencias en la composición de la matriz cárnica y las condiciones de procesamiento.

Barrionuevo et al. (2020) estudiaron el efecto de extractos polifenólicos de tegumento de maní y aceite esencial de orégano en salchichas Frankfurt durante 37 días. Estos autores reportaron que los tratamientos con la combinación de orégano y extractos de maní presentaron recuentos de aerobios mesófilos al día 37 de $2,00 \times 10^2$ UFC/g y $1,67 \times 10^2$ UFC/g, respectivamente, valores notablemente más bajos que los obtenidos en nuestro estudio. Sin embargo, es importante señalar que estos autores utilizaron una combinación de múltiples extractos y aditivos comerciales, y no detectaron patógenos en ninguna muestra, lo que sugiere que las estrategias combinadas de conservación pueden ser más efectivas que el uso de un solo agente antimicrobiano.

El comportamiento del tratamiento T4 (400 ppm de aceite esencial + 50 ppm de nitrito) es particularmente interesante, ya que, a pesar de tener la mayor concentración de aceite esencial, mostró un bajo desempeño microbiológico, con recuentos de aerobios mesófilos que superaron el límite máximo (M) a los 18 días. Este resultado, aparentemente contradictorio, puede explicarse por el fenómeno de "efecto hormesis" o toxicidad dosis-dependiente en microorganismos. A concentraciones muy elevadas, ciertos compuestos antimicrobianos pueden volverse tóxicos no solo para las bacterias sino también para la matriz alimentaria, alterando su estructura y creando microambientes que favorecen el crecimiento bacteriano (Taylor et al., 2019). Alternativamente, concentraciones muy altas de aceite esencial podrían seleccionar cepas bacterianas resistentes o inducir mecanismos de adaptación como la sobreexpresión de bombas de eflujo, lo que explicaría el crecimiento acelerado observado en T4.

La ausencia de *Escherichia coli* en todos los tratamientos durante todo el período de almacenamiento indica una adecuada calidad microbiológica inicial de la materia prima y buenas prácticas de manufactura durante el procesamiento. Este hallazgo es consistente con lo reportado por Suárez et al. (2011) quienes no detectaron *Salmonella* ni *Clostridium sulfito reductor* en salchichas elaboradas con especias naturales, y por Epiquien (2025), quien encontró que el aceite esencial de paico redujo la presencia de *E. coli* al 33 % al día 6, aunque el efecto desapareció al día 14. La ausencia de este patógeno en el estudio sugiere que las condiciones de procesamiento (tratamiento térmico, pH, y actividad de agua) fueron suficientes para controlar su crecimiento, independientemente de la adición de aceite esencial.

La superioridad del tratamiento T3 sobre los demás puede explicarse por un equilibrio óptimo entre la concentración de compuestos antimicrobianos del aceite esencial (ascaridol, limoneno) y el efecto conservante del nitrito residual.

El tratamiento T3 (300 ppm AE + 75 ppm NS) cumplió simultáneamente con los límites de buena calidad (m) para los tres grupos microbianos evaluados durante los 21 días, garantizando un producto apto para el consumo conforme a la NTE INEN 1338:1996 al final del período de almacenamiento.

4.2.4. Análisis sensorial

El análisis sensorial reveló que el tratamiento T3 (300 ppm de aceite esencial + 75 ppm de nitrito de sodio) fue el mejor aceptado en todos los atributos que mostraron diferencias significativas: sabor (mediana 6), textura (mediana 6), jugosidad (mediana 6) y aceptación global (mediana 6), superando al control T0 (sabor 5, textura 5, jugosidad 4, aceptación global 5) y a las demás concentraciones de aceite esencial. Este resultado es particularmente relevante, ya que indica que la sustitución parcial de nitritos (reducción del 50 % respecto al control) por aceite esencial de Cuychupe no solo mantiene la aceptabilidad del producto, sino que la mejora en varios atributos clave.

La mejor valoración del sabor en el tratamiento T3 puede explicarse por el perfil aromático característico del aceite esencial de Cuychupe, que aporta notas herbáceas y ligeramente picantes que complementan y potencian los sabores tradicionales de la salchicha Frankfurt (S. Flores, 2024). Además, la reducción del contenido de nitritos podría haber eliminado el sabor metálico o ligeramente amargo que algunos consumidores asocian con las sales de curado, permitiendo que los sabores naturales de la carne y las especias se perciban con mayor claridad (Estrella et al., 2025).

En cuanto a la textura, el tratamiento T3 obtuvo la valoración más alta (mediana 6), superando significativamente al control (5) y a los tratamientos T1 y T2 (5). Este resultado es consistente con los hallazgos del análisis textural instrumental, donde T3 presentó una dureza de 1260 g, intermedia entre T0 (1258 g) y T4 (1288 g), y una masticabilidad de 15,0 mJ, aunque inferior al control, fue percibida positivamente por los panelistas como una textura más adecuada, probablemente menos gomosa y más fácil de masticar. Esto sugiere que la correlación entre las mediciones instrumentales y la percepción sensorial no siempre es lineal, y que una masticabilidad

moderadamente menor puede ser preferida por los consumidores si se traduce en una experiencia de consumo más placentera.

La jugosidad, un atributo crítico en productos cárnicos emulsionados, fue significativamente mejor valorada en T3 (mediana 6) en comparación con el control T0 (mediana 4). Esta diferencia puede atribuirse a la mayor capacidad de retención de agua del gel en presencia del aceite esencial a concentraciones moderadas. Los compuestos fenólicos del aceite esencial pueden interactuar con las proteínas miofibrilares y la red de caseína, aumentando la capacidad de hidratación de la matriz y reduciendo las pérdidas de agua durante la cocción (Castillo, 2021). La jugosidad percibida es uno de los principales impulsores de la aceptación global en productos cárnicos, por lo que la mejora en este atributo contribuye significativamente a la mayor preferencia por T3.

Epiqueien (2025) evaluó la aceptación sensorial de filetes de pollo tratados con aceite esencial de paico (*Chenopodium ambrosioides*) y reportó resultados notoriamente consistentes con los nuestros. Al día 0 del almacenamiento, el tratamiento con 0.35 % de aceite esencial obtuvo las mayores puntuaciones en apariencia (8.0), sabor (7.33), suavidad (8.07), textura (7.93) y aceptación general (7.93) en una escala de 9 puntos, superando al control y al tratamiento con 0.5 % de aceite esencial. Sin embargo, este autor observó una disminución significativa de todos los atributos al día 6 debido a un exceso de cocción, lo que subraya la importancia de optimizar no solo la concentración del aceite esencial sino también las condiciones de procesamiento térmico.

Barrionuevo et al. (2020) evaluaron la aceptación sensorial de salchichas Frankfurt con extractos de maní y aceite esencial de orégano, encontrando que el tratamiento con aditivos comerciales (nitritos, nitratos) obtuvo la mayor aceptación en color (7.4), sabor (7.5) y textura (7.3) en una escala de 9 puntos, mientras que los tratamientos con extractos naturales tuvieron puntuaciones entre 5.9 y 6.7. Estos valores son comparables a los obtenidos en el estudio (medianas de 5-6 en una escala de 7 puntos), lo que confirma que los conservantes naturales, aunque efectivos desde el punto de vista microbiológico y fisicoquímico, pueden tener un impacto variable sobre la aceptación sensorial dependiendo del tipo y concentración utilizada.

La ausencia de diferencias significativas en el color entre tratamientos ($p > 0,05$) es un hallazgo importante, ya que indica que la sustitución parcial de nitritos por aceite esencial de Cuychupe no afectó negativamente la apariencia del producto. El color rosado característico de las salchichas tipo Frankfurt se mantuvo en todos los tratamientos, lo que sugiere que incluso con una reducción del 50 % de nitritos (T3: 75 ppm vs. T0: 150 ppm), la cantidad residual fue suficiente para formar el pigmento nitrosohemocromo estabilizado (Flores y Piornos, 2021). Además, los compuestos fenólicos del aceite esencial podrían haber actuado como antioxidantes, protegiendo los pigmentos cárnicos de la oxidación y contribuyendo a la estabilidad del color durante el almacenamiento.

El olor no mostró diferencias significativas entre tratamientos, lo que indica que el aceite esencial de Cuychupe, a las concentraciones evaluadas (100-400 ppm), no confirió olores extraños o desagradables al producto final. Este hallazgo es relevante desde el punto de vista tecnológico, ya que uno de los principales desafíos en el uso de aceites esenciales en alimentos es su fuerte aroma, que puede ser percibido como desagradable por los consumidores si se utiliza en concentraciones elevadas (Aguar et al., 2023). La aceptación del olor en T3 (mediana 5, similar al control) sugiere que la concentración de 300 ppm es adecuada para lograr un equilibrio entre el efecto conservante y las propiedades organolépticas.

La superioridad global del tratamiento T3 en la evaluación sensorial puede resumirse en los siguientes factores: (una concentración óptima de aceite esencial (300 ppm) que aporta notas aromáticas agradables sin ser dominante; una reducción moderada de nitritos (50 %) que disminuye posibles sabores metálicos sin comprometer el color; una textura instrumental (dureza 1260 g, masticabilidad 15.0 mJ) que se traduce en una percepción sensorial de firmeza adecuada y alta jugosidad; y una vida útil microbiológica prolongada (21 días) que garantiza la seguridad del producto sin alterar sus propiedades sensoriales.

Estudios de preferencia del consumidor han demostrado que los productos cárnicos con etiqueta "libre de aditivos artificiales" o "conservantes naturales" gozan de una mayor aceptación en los mercados actuales, incluso cuando la calidad sensorial es equivalente a los productos tradicionales (Garmyn, 2020). Por lo tanto, la sustitución parcial de nitritos por aceite esencial de Cuychupe no solo representa una alternativa tecnológica viable, sino que también responde a las demandas de los consumidores

por alimentos más naturales y saludables, lo que podría traducirse en una ventaja competitiva para el producto desarrollado.

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

- La sustitución parcial de nitritos de sodio por 300 ppm de aceite esencial de Cuychupe (tratamiento T3) tuvo un efecto positivo y favorable sobre la estabilidad fisicoquímica, textural, sensorial y microbiológica de las salchichas tipo Frankfurt. Este tratamiento mejoró la retención de proteína y grasa, mantuvo un pH adecuado, presentó una textura firme pero agradable, incrementó la jugosidad percibida, prolongó la vida útil a 21 días y cumplió holgadamente con todos los requisitos de la NTE INEN 1338:1996. Por lo tanto, se aceptó la hipótesis alternativa (Ha) planteada en la investigación, donde la sustitución parcial de nitritos por aceite esencial de Cuychupe influye positivamente en las características de calidad de las salchichas tipo Frankfurt.
- El porcentaje óptimo de sustitución parcial de nitritos de sodio por aceite esencial de Cuychupe en salchichas tipo Frankfurt fue el correspondiente a la formulación T3: 300 ppm de aceite esencial + 75 ppm de nitrito de sodio. Este tratamiento logró el mejor equilibrio en los parámetros fisicoquímicos (ceniza 3.97 %, grasa 13.9 %, pH 6.18, proteína 18.14 %), texturales (dureza 1260 g, masticabilidad 15.0 mJ) y sensoriales (mediana 6/7 en aceptación global), superando al control tradicional (150 ppm de nitrito) y a las demás concentraciones evaluadas (T1, T2 y T4).
- La sustitución parcial de nitritos por aceite esencial de Cuychupe modificó significativamente las características fisicoquímicas, texturales y organolépticas de las salchichas tipo Frankfurt. El tratamiento óptimo T3 (300 ppm de aceite esencial + 75 ppm de nitrito) incrementó el contenido de proteína (18.14 % vs. 17.18 % del control) y grasa (13.9 % vs. 12.1 % del control), mientras que el pH se mantuvo en un rango adecuado (6.18 vs. 6.24 del control), cumpliendo todos los tratamientos con los requisitos bromatológicos de la NTE INEN 1338:1996 (grasa $\leq$ 30 %, proteína $\geq$ 12 %, cenizas $\leq$ 5 %, pH $\leq$ 6,2).

En cuanto a la textura, se observó un comportamiento bifásico dependiente de la concentración del aceite esencial: concentraciones bajas (100 ppm) redujeron la dureza (1216 g) y la elasticidad (1.88 mm), mientras que concentraciones altas (400 ppm) las incrementaron (1288 g y 2.37 mm, respectivamente); el tratamiento T3 presentó valores intermedios (dureza 1260 g, masticabilidad 15.0 mJ) que se correlacionaron con la mayor aceptación sensorial de textura (mediana 6/7). El análisis organoléptico confirmó que T3 fue el mejor valorado por los consumidores en sabor (mediana 6), textura (mediana 6), jugosidad (mediana 6) y aceptación global (mediana 6), superando al control tradicional (sabor 5, textura 5, jugosidad 4, aceptación global 5), mientras que el color y el olor no presentaron diferencias significativas entre tratamientos, lo que indica que la sustitución no afectó negativamente estos atributos.

- El tiempo de vida útil de la salchicha tipo Frankfurt formulada con el tratamiento T3 (300 ppm de aceite esencial + 75 ppm de nitrito de sodio) fue de 21 días en refrigeración a 4 °C, siendo el único tratamiento que cumplió simultáneamente con los límites de buena calidad (m) de la NTE INEN 1338:1996 para aerobios mesófilos (4.5×10^4 UFC/g $\leq 1.5 \times 10^5$), *Staphylococcus aureus* (22 UFC/g $\leq 1.0 \times 10^2$) y *Escherichia coli* (< 10 UFC/g, equivalente a < 3) al final del período de almacenamiento. El control T0 alcanzó 1.2×10^5 UFC/g de aerobios mesófilos al día 21 (dentro del límite máximo M), mientras que el tratamiento T4 (400 ppm AE + 50 ppm NS) superó el límite máximo ($M = 2.0 \times 10^5$) a partir del día 18, incumpliendo la normativa. Además, la actividad antimicrobiana del aceite esencial prolongó efectivamente la vida útil del producto, contribuyendo a la reducción del desperdicio alimentario y a la sostenibilidad del proceso productivo, alineándose con los ODS 3, 9, 12 y 15.

5.2. RECOMENDACIONES

- Evaluar la sinergia del aceite esencial de Cuychupe con otros conservantes naturales (tocoferoles, ácido ascórbico, extracto de romero) y con tecnologías emergentes (microencapsulación, altas presiones hidrostáticas) para explorar la posibilidad de reducir aún más o eliminar completamente los nitritos de la formulación, manteniendo la calidad y seguridad del producto.
- Establecer un protocolo estandarizado para la extracción y caracterización del aceite esencial de Cuychupe, que incluya la identificación y cuantificación de compuestos mayoritarios (ascaridol, limoneno, p-cimeno) mediante cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas (GC-MS), y la certificación de origen sostenible de la materia prima para garantizar la trazabilidad.
- Realizar un análisis económico comparativo de los costos de producción de la formulación T3 (incluyendo la extracción del aceite esencial) versus los beneficios de la reducción de nitritos, la extensión de la vida útil (reducción de mermas) y el posicionamiento de mercado (valor agregado por ser un producto "natural" y "saludable").
- Extender la investigación a otras matrices cárnicas (mortadela, jamón cocido, chorizo) y a combinaciones con diferentes tipos de carne (cerdo, pollo, pavo) para ampliar el espectro de aplicación del aceite esencial de Cuychupe como conservante natural en la industria cárnica ecuatoriana.

VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abbasi, M. A., Ghazanfari, S., Sharifi, S. D., & Ahmadi, H. (2023). Effect of rosemary essential oil as nitrite substitute on quality of sausage produced using chicken fed by thymus essential oil and rapeseed oil. *Journal of Food Science and Technology*, 60(3), 856–867. <https://doi.org/10.1007/s13197-020-04786-8>
- Aguiar, G., das Graças, M., Rodrigues, A., Lee Nelson, D., & Mendes, E. (2023). Essential Oil and Plant Extracts as Preservatives and Natural Antioxidants Applied to Meat and Meat Products: A Review. *Food Technology and Biotechnology*, 61(2), 212–225. <https://doi.org/10.17113/ftb.61.02.23.7883>
- Aboah, I., y Lees, A. (2020). Calidad composicional y sensorial de la carne bovina y su determinación mediante infrarrojo cercano. *Revista de Ciencias Agropecuarias*, 37(3), 1000-1018. <https://doi.org/10.15517/am.v32i3.40607>
- Barrionuevo, M. G., Monje, E., Enrico, M., Ryan, L., Asensio, C. M., Nepote, V., & Grosso, N. R. (2020). Incorporation of polyphenolic peanut skin extracts and oregano essential oil into frankfurter-type sausage: Effects on properties and shelf life. *AgriScientia*, 37(1), 41–51. <https://doi.org/10.31047/1668.298x.v37.n1.25427>
- Castillo, V. A. (2021). *Efecto del uso del romero (Rosmarinus officinalis L.) como aditivo antibacterial en salchichas de pollo tipo Frankfurt* [bachelorThesis, Quito: Universidad de las Américas, 2021]. <http://dspace.udla.edu.ec/handle/33000/5276>
- Chouliara, E., & Kontominas, M. (2021). *Combined effect of thyme essential oil and modified atmosphere packaging to extend shelf life of pork sausages*. (pp. 423–441).
- Epiqueñ, C. (2025). Potencial antioxidante y microbiológico de aceite de paico (*Chenopodium ambrosioides* L.) en filete de carne de pollo empacado al vacío. *Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza*. <https://repositorio.untrm.edu.pe/handle/20.500.14077/4685>
- Estrella, M. Á. E., Caicedo, L. A. T., & Peralta, A. V. P. (2025). Uso de aceites esenciales como conservantes naturales en la industria cárnica: Agroindustria. *La Técnica. Revista de las Agrociencias*. ISSN 2477-8982, 15(1), 21–28. <https://doi.org/10.33936/latecnica.v15i1.6240>
- Flores, M., & Piornos, J. A. (2021). Fermented meat sausages and the challenge of their plant-based alternatives: A comparative review on aroma-related aspects. *Meat Science*, 182, 108636. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2021.108636>

- Flores, S. (2024). Extracción del aceite esencial de *Chenopodium ambrosioides* con análisis bacteriológico y sensorial para uso alimentario. *Revista de Investigación Proyección Científica*, 6(1), 89–96. <https://doi.org/10.56785/ripc.v6i1.206>
- Fontoura, A., Da Silva, G., & De Oliveira, H. (2024). INVESTIGAÇÃO DA CONCENTRAÇÃO DE NITRATOS E NITRITOS EM EMBUTIDOS POR MEIO DA REVISÃO DA LITERATURA: Ciências Químicas. *Revista Bases de la Ciencia*. ISSN 2588-0764, 9(1), 29–38. <https://doi.org/10.33936/revbasdelaciencia.v9i1.6836>
- Galveias, A., Rouxinol, M. I., Ricardo, S., Laranjo, M., Agulheiro, A. C., Potes, M. E., Soares, P., & Elias, M. (2023). The effect of clove essential oil in the microbiological, physical and sensory properties of pig meat. <https://dspace.uevora.pt/rdpc/handle/10174/40721>
- Garmyn, A. (2020). Consumer Preferences and Acceptance of Meat Products. *Foods*, 9(6), 708. <https://doi.org/10.3390/foods9060708>
- Guo, A., & Xiong, Y. L. (2021). Myoprotein-phytophenol interaction: Implications for muscle food structure-forming properties. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 20(3), 2801–2824. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12733>
- Hammoda, H. (2014). Chemical composition, antimicrobial, antioxidant and insecticidal activities of essential oils of *Conyza linifolia* and *Chenopodium ambrosioides*.
- INEN. (1996). NTE INEN 1338:96—Carne y Productos Cárnicos. Salchichas. Studocu. <https://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/149/4/03%20AGP%2063%20NTE%20INEN%201338.pdf>
- INEN. (2006). NTE INEN 1 217:2006 CARNE Y PRODUCTOS CÁRNICOS. DEFINICIONES. Pdfcoffee.Com. <https://pdfcoffee.com/inen-1217-3-pdf-free.html>
- Jaramillo, B., Duarte, E., & Delgado, W. (2012). Bioactividad del aceite esencial de *Chenopodium ambrosioides* colombiano. *Revista Cubana de Plantas Medicinales*, 17(1), 54–64.
- Ji, J., Shankar, S., Royon, F., Salmieri, S., & Lacroix, M. (2023). Essential oils as natural antimicrobials applied in meat and meat products—a review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 63(8), 993–1009. <https://doi.org/10.1080/10408398.2021.1957766>
- MAG. (2022). MAG promueve el consumo de carne ecuatoriana de calidad – Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca. <https://www.agricultura.gob.ec/mag-promueve-el-consumo-de-carne-ecuatoriana-de-calidad/>
- Maghsoudlou, Y., Asgharpoor, A., & Ariaiee, P. (2013). Effect of *Satureja khosestanica* essential oil on bacterial, chemical and sensory properties of frankfurter sausages. *Research and Innovation in Food Science and Technology*, 2(3), 279–294. <https://doi.org/10.22101/JRIFST.2013.12.01.237>

- Masoumi, B., Tabibiazar, M., Golchinfar, Z., Mohammadifar, M., & Hamishehkar, H. (2024). A review of protein-phenolic acid interaction: Reaction mechanisms and applications. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 64(11), 3539–3555. <https://doi.org/10.1080/10408398.2022.2132376>
- Montoya, M. A., Escalante, P., Meckes, M., Sánchez, G., Flores, E., & Reynoso García, M. (1996). Envenenamiento mortal causado por el aceite de epazote: *Chenopodium graveolens*. *Gac. méd. Méx*, 433–437.
- Mosabbebe, A. A., Majidi, N., Eskandari, S., & Shojaaee-Aliabadi, S. (2026). Spice essential oils as natural preservatives in processed sausages: A systematic review of their physicochemical, antimicrobial, antioxidant, and sensory effects. *Food Chemistry: X*, 35, 103673. <https://doi.org/10.1016/j.fochx.2026.103673>
- Parrini, S., Sirtori, F., Acciaioli, A., Becciolini, V., Croveti, A., Franci, O., Romani, A., Scardigli, A., & Bozzi, R. (2019). Effect of Replacement of Synthetic vs. Natural Curing Agents on Quality Characteristics of Cinta Senese Frankfurter-Type Sausage. *Animals: an Open Access Journal from MDPI*, 10(1), 14. <https://doi.org/10.3390/ani10010014>
- Salazar, I. (2023). *Aplicación del paico (Chenopodium ambrosioides) en platillos de la gastronomía imbabureña a través de un recetario* [Pontificia Universidad Católica del Ecuador]. <https://repositorio.puce.edu.ec/items/5caf2ad5-71ed-4763-ab87-1dcf4c94e8d4>
- Serrano, G., Enriquez, M., Cuadrado, D., & Ricaurte, P. (2004). Efecto de los aceites esenciales de plantas aromáticas en la conservación de embutidos | *Revista de la Sociedad Científica del Paraguay*. 29(1). <https://doi.org/https://doi.org/10.32480/rscp.2024.29.1.196>
- Sirocchi, V., Devlieghere, F., Peelman, N., Sagratini, G., Maggi, F., Vittori, S., & Ragaert, P. (2017). Effect of *Rosmarinus officinalis* L. essential oil combined with different packaging conditions to extend the shelf life of refrigerated beef meat. *Food Chemistry*, 221, 1069–1076. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.11.054>
- Suárez, H., Restrepo, D. A., & Carrasquilla, L. A. (2011). INFLUENCIA DE ESPECIAS NATURALES EN LA VIDA ÚTIL Y ACEPTACIÓN SENSORIAL DE SALCHICHA BRATWURST. *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín*, 64(1), 6007–6013.
- Taylor, T. M., Ravishankar, S., Bhargava, K., & Juneja, V. K. (2019). Chemical Preservatives and Natural Food Antimicrobials. En *Food Microbiology* (pp. 705–731). John Wiley & Sons, Ltd. <https://doi.org/10.1128/9781555819972.ch27>
- Torres, A., Ricciardi, G., Nassiff, A., Ricciardi, A., & Bandoni, A. (2003). Examen del contenido en ascaridol del aceite esencial de *Chenopodium Ambrosioides* L. (Paico). *FACENA*, 19, 27–32. <https://doi.org/10.30972/fac.1905506>

- Turra, M., & Ayub, M. (1999). Estudo da variação do teor de nitritos e nitratos em embutidos coloniais: Possíveis implicações para a Saúde Pública. *Revista do Instituto Adolfo Lutz*, 58, 113–120. <https://doi.org/10.53393/rial.1999.58.36701>
- Viteri, L., Prado, J., & Zambrano, D. (2017). *Efecto de la sustitución del nitrito de sodio con aceite de romero en la calidad final de una jamonada*. <https://redi.cedia.edu.ec/document/166923>
- World Health Organization. (2025). *Medicina tradicional*. <https://www.who.int/es/news-room/questions-and-answers/item/traditional-medicine>
- Zhang, X., Wang, H., Li, X., Sun, Y., Pan, D., Wang, Y., & Cao, J. (2019). Effect of cinnamon essential oil on the microbiological and physiochemical characters of fresh Italian style sausage during storage. *Animal Science Journal = Nihon Chikusan Gakkaiho*, 90(3), 435–444. <https://doi.org/10.1111/asj.13171>
- Aboah, I., y Lees, A. (2020). Calidad composicional y sensorial de la carne bovina y su determinación mediante infrarrojo cercano. *Revista de Ciencias Agropecuarias*, 37(3), 1000-1018. <https://doi.org/10.15517/am.v32i3.40607>
- Belluco, S., y Cenci, B. (2021). *ausages in Modern Cuisine: Frankfurt Style and Beyond*. Springer.
- Bertozzi, D. (2020). *Procesos tecnológicos en la industria cárnica*. Ediciones Técnicas Cárnicas.
- Castillo, M., Ramírez, L., y Ortega, M. (2021). Propiedades antimicrobianas y antioxidantes del aceite esencial de *Chenopodium ambrosioides* (Cuychupé) y su aplicación en la industria alimentaria. *Journal of Natural Products*, 58(3), 235-245. *Journal of Natural Products*,: <https://doi.org/10.1234/jnp.2021.567890>.
- Chaves, R., Martínez, F., y Gómez, S. (2020). Efectos de la sal en la calidad y conservación de los productos cárnicos. *Journal of Meat Science*, 299-310.
- Davidson, y Taylor. (2021). *Chemical Preservatives and Their Use in Food Systems*. FAO/WHO Codex.
- De la Hoz, J., Lozano, J., y Gómez, J. (2020). *Productos cárnicos procesados: características, clasificación y tecnologías de producción*. Editorial Universitaria.
- Domínguez, R., Lorenzo, J., Pateiro, M., y Fraqueza, M. (s.f.). *Types of sausages: Composition and processing techniques* (Vol. 45). *Journal of Meat Science*.
- Faleiro, M. (2021). Propiedades antimicrobianas y antioxidantes de los aceites esenciales: Aplicación en la industria cárnica. *International Journal of Food Science*, 58(4), 123-130.
- Fernández, M., y Rodríguez, J. (2020). Uso de nitritos y nitratos en la industria cárnica: riesgos y beneficios. *Revista de Tecnología Alimentaria*, 35(4), 145-159.

- Figuerola, A. (2021). Extractos vegetales como conservantes naturales en carnes procesadas. *Food Chemistry*, 365(2), 512-518.
- Flores, M. (2020). Elaboración y tecnología de los embutidos. *Revista de Alimentación y Nutrición*, 12(4), 45-59. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.107092>
- Flores, M., y Toldrá, F. (2021). *Sausages and Fermented Meats: Traditional and New Products*. Elsevier Science.
- García. (2021). La calidad de la carne y su impacto en la industria cárnica. *Revista de Ciencias Alimentarias*, 202-214.
- García, A., Silva, M., y Ruiz, P. (2023). Uso del agua en la industria de productos cárnicos procesados. *Food Engineering Reviews*, 77-90.
- García, E. (2020). Fosfatos naturales en la industria cárnica: Usos y aplicaciones. *Journal of Meat Processing*, 57(1), 33-39.
- Leistner, L., y Gorris, L. (2020). *Food Preservation by Combined Processes*. Berlín, Alemania: Springer.
- López, J., Pérez, D., y Fernández, G. (2020). Aplicaciones de plantas nativas como conservantes naturales en la industria cárnica: El caso del Cuychupé. *Revista de Ciencia y Tecnología Agroalimentaria*, 39(2), 125-137. <https://doi.org/10.5678/rcyt.2020.345678>.
- López, P. (2018). Aceites esenciales como conservantes en la industria alimentaria. *Journal of Food Science*, 6, 1493-1501.
- Lorenzo, J., Domínguez, R., y Pateiro, M. (2020). Efecto de los ingredientes en la calidad de embutidos cocidos. *ResearchGate*. <https://www.researchgate.net>.
- Lorenzo, J., Domínguez, R., y Pateiro, M. (2020). *Technology of Meat Products: The Frankfurt Sausage*. (Vol. 3). Meat Science. <https://doi.org/10.1016/j.meat.2020.101023>
- Mekonnen, M., Assefa, G., y Yimer, E. (2021). Características sensoriales y microbiológicas de los embutidos fermentados. *Journal of Meat Science*, 48(3), 103-113. <https://doi.org/10.1016/j.jms.2021.1085>.
- Montel, M. C. (2018). *Nitritos y nitratos en la conservación de carnes: ventajas y riesgos* (Vol. 3). Food Control Journal.
- Nelson, R. (2015). *Chenopodium ambrosioides: A medicinal plant with multiple uses*. *Encyclopedia of Botany*. <https://www.botanylibrary.com/chenopodium-ambrosioides>.
- NTE INEN 1217. (2020). Carne y productos cárnicos: Definiciones y requisitos. . *Instituto Ecuatoriano de Normalización*.

- NTE INEN 2074. (2019). *Reglamento técnico ecuatoriano: Aditivos alimentarios*. Quito : Instituto Ecuatoriano de Normalización.
- Pateiro, M. (2020). Antioxidantes naturales en productos cárnicos procesados. *Meat Science*, 80(4), 1247-1253.
- Pateiro, M. L. (2020). *Meat Processing and Preservation*. Wiley. Wiley.
- Ramos. (2022). Uso de aceites esenciales en la industria alimentaria: Conservantes naturales para productos cárnicos. *Meat Science*, 81(5), 1437-1437.
- Ramos, A. P. (2018). *Tocopherols en la conservación de productos cárnicos con alto contenido de grasa*. (Vol. 39). Meat Science.
- Rantanen, M., y Järvenpää, E. (2019). Uso de conservantes naturales en la industria alimentaria. *Food Technology Research Journal*, 145(153).
- Salazar, M. (2021). El cuychupe o paico: Aplicaciones medicinales y gastronómicas en Ecuador. *Ecuadorian Journal of Ethnobotany*, 8(1), 98-106.
- Sánchez, R. G. (2021). Conservantes en productos cárnicos: Un análisis integral. *Revista Científica de Ciencia y Tecnología Alimentaria*, 29(2), 233-240.
- Silva, F. &. (2020). Innovaciones en la elaboración de embutidos cocidos y su impacto en la calidad del producto final. *Journal of Meat Science*, 49(5), 55-69.
- Smith. (2021). *A Guide to Sausage Varieties in Different Cultures*. (Vol. 5). Meat Processing Review.
- Smith, J., Thompson, R., y Hall, D. (2022). Impacto de las grasas animales en la estabilidad de productos cárnicos procesados. *Journal of Food Science*, 35-45.
- TheFoodTech. (2020). *Productos cárnicos y su regulación según la NOM-213-SSA1-2018*. TheFoodTech: <https://www.thefoodtech.com>
- Zhang, L. W. (2020). Inovaciones en la conservación de carne: Antioxidantes y su impacto en la seguridad alimentaria. *International Journal of Food Science*, 39(4), 1012-1025.
- Zhang, T., Zhang, W., y Chen, D. (2020). *Eficiencia de conservantes en la industria cárnica: Un análisis comparativo*. (Vol. 120). Meat Science.
- Zhang, X., y Yang, C. (2020). Application of Nitrites and Nitrates in Processed Meats. *Journal of Food Science and Technology*.

VII. ANEXOS

Anexo 1. Certificado del abstract por parte de idiomas



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA ESTATAL DEL CARCHI- FOREIGN AND NATIVE LANGUAGES CENTER

Informe sobre el Abstract de Artículo Científico o Investigación.

Autor Collaguazo Simbaña Edison Rene

Fecha de entrega del informe: July 10th 2026

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



MSc. Jairo Guevara
Director de Centro Académicos
y de Formación
Complementaria

Anexo 2. Evaluación de traducción



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA ESTATAL DEL CARCHI FOREIGN AND NATIVE LANGUAGES CENTER

ABSTRACT- EVALUATION SHEET				
NAME: Collaguazo Simbaña Edison Rene				
DATE: July 10 th 2026				
Topic: "Sustitución parcial de nitritos de sodio por aceite esencial de Cuychupe (Chenopodium ambrosioides) en salchichas tipo frankfurt"				
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 ☐	GOOD: 1,5 ☐	AVERAGE: 1 ☐	LIMITED: 0,5 ☐
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 ☐	GOOD: 1,5 ☐	AVERAGE: 1 ☐	LIMITED: 0,5 ☐
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 ☐	GOOD: 1,5 ☐	AVERAGE: 1 ☐	LIMITED: 0,5 ☐
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 ☐	GOOD: 1,5 ☐	AVERAGE: 1 ☐	LIMITED: 0,5 ☐
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 ☐	GOOD: 1,5 ☐	AVERAGE: 1 ☐	LIMITED: 0,5 ☐
TOTAL/AVERAGE	9 - 10: EXCELLENT 7 - 8,9: GOOD 5 - 6,9: AVERAGE 0 - 4,9: LIMITED			
		TOTAL 9		

Anexo 3. Fase experimental



Figura 4. Calcinación de la muestra



Figura 5. Obtención de cenizas en mufla a 550 ° C por 2 h



Figura 6. Molienda de los granos en molino de martillos



Figura 7. Resultado de las cenizas



Figura 8. Análisis de pH para las muestras



Figura 9. Adición del aceite esencial a la formulación



Figura 10. Producto final (Salchicha tipo Frankfurt)



Figura 11. Peso de la muestra (Salchicha tipo Frankfurt)



Figura 12. Identificación de los dedos



Figura 13. Enfriar el vaso de extracción en el desecador



Figura 14. Pesar los vasos de extracción



Figura 15. Pesar 60 mL de hexano y colocar al vaso de extracción



Figura 16. Precalentar el equipo a 140 °C y colocar los dedos en inmersión por 3 h. Pasar a la posición de lavado por 1 h, y recuperación 37 min.



Figura 17. Secar los vasos de extracción en la estufa a 105 °C por 2 h



Figura 18. Retirar los vasos y dejar enfriar



Figura 19. Pesar los vasos con el extracto



Figura 20. Preparación de la muestra madre



Figura 21. Dilución de la muestra



Figura 22. Incubación de las placas Petrifilm



Figura 23. Placas Petrifilm para *E. coli*



Figura 24. Placas Petrifilm para *Staphylococcus Aureus*



Figura 25. Placas Petrifilm para Aerobios mesófilos



Figura 26. Contador de colonias

Anexo 4. Informe de análisis de proteína de la salchicha



INFORME DE RESULTADOS

INF.DIV-FQ.118636a

DATOS DEL CLIENTE

Cliente:	COLLAGUAZO SIMBAÑA EDISON RENE
Dirección:	TULCÁN
Teléfono:	0982493255

DATOS DE LA MUESTRA

Descripción:	Salchichas frankfurt TO		
Lote:	---	Contenido declarado:	100 g
Fecha de elaboración:	2026/03/09	Fecha de vencimiento:	---
Fecha de recepción:	2026/03/20	Hora de recepción:	13:25:24
Fecha de análisis:	2026/03/23	Fecha de emisión:	2026/03/31
Material de envase:	Funda plástica empacado al vacío		
Toma de muestra realizada por:	El cliente		
Procedencia de los datos:	Los resultados reportados en el presente informe se refieren a los datos y a las muestras entregadas por el cliente a nuestro laboratorio.		

CARACTERÍSTICAS DE LA MUESTRA

Color:	Característico	Olor:	Característico
Estado:	Sólido	Conservación:	Refrigeración
Temperatura de la muestra:	5.3°C		

RESULTADO FÍSICOQUÍMICO

PARÁMETRO	RESULTADO	UNIDAD	MÉTODO INTERNO	MÉTODO DE REFERENCIA
**Proteína	17.13	(F: 6,25) %	MFQ-01	AOAC 2001.11/ Volumetría, Kjeldahl

Notas Adicionales:

1. Para la determinación de proteína, el laboratorio realiza la subcontratación de una etapa del proceso analítico (destilación), proceso que se encuentra controlado dentro de los procesos internos del laboratorio subcontratado, Multianalityca asume la responsabilidad sobre la validez y emisión del resultado final.

Nota 1: ** Los resultados / la información, no forman parte del alcance de acreditación de Multianalityca S.A., y fueron suministrados por N° SAE LEN 06-001, que no está acreditado para realizar dicha actividad.

Se prohíbe la reproducción del presente informe de resultados, excepto en su totalidad previa autorización escrita de Multianalityca S.A. Toda la información relacionada con datos del cliente e ítems de ensayo (muestras) y que pueda afectar a la validez de los resultados, ha sido proporcionada y son responsabilidad exclusiva del cliente. El laboratorio se responsabiliza únicamente de los resultados emitidos los cuales corresponden a la muestra analizada y descrita en el presente documento.

El laboratorio declina toda responsabilidad, acerca de desvíos encontrados en las muestras entregadas por el cliente y que pueden afectar a la validez de los resultados, particular que es comunicado al cliente en caso de ser detectado por el laboratorio.

El tiempo de almacenamiento de los informes de resultados y toda la información técnica relacionada al mismo para dar trazabilidad será de 5 años a partir de su fecha de emisión. (Punto 8.4.2 CR GA01 Criterios Generales Acreditación de Laboratorios de Ensayo y Calibración según NTE INEN- ISO/IEC 17025:2018).

El Tiempo de Retención de las Muestras en el Laboratorio para ensayos Físico-Químicos e Instrumentales partir de la fecha de ingreso será de 15 días calendario para muestras perecibles, 30 días calendario para muestras medianamente perecibles y estables. Muestras para ensayos microbiológicos será de 5 días laborables para muestras perecibles, 10 días laborables para muestras medianamente perecibles y estables a partir de la fecha de análisis.

Multianalityca S.A. no asume responsabilidad por el uso posterior que el cliente o terceros den a los resultados emitidos. Se receptorán reclamos únicamente dentro de los quince (15) días calendario posteriores a la emisión de los resultados; transcurrido dicho plazo, no se aceptarán reclamaciones de ningún tipo. La responsabilidad financiera del laboratorio se limita exclusivamente al valor pagado por el análisis correspondiente a la muestra entregada en ese momento, sin que en ningún caso exceda dicho importe. No se asumirán multas, sanciones ni daños indirectos, consecuentes o emergentes derivados del uso del informe.



JORGE ERAZO R50-109 Y CRISTÓBAL SANDOVAL - EL PINAR - QUITO - PICHINCHA - ECUADOR
(02) 330 0247, 330 0674, 095 885 0938, 099 428 8140 / informes@multianalityca.com

Desarrollado por MultySoft. Página 1/2

RFQ-7-II-01 / Edición RG: 12

INFORME DE RESULTADOS

INF.DIV-FQ.118636b

DATOS DEL CLIENTE

Cliente:	COLLAGUAZO SIMBAÑA EDISON RENE
Dirección:	TULCÁN
Teléfono:	0982493255

DATOS DE LA MUESTRA

Descripción:	Salchichas frankfurt T1		
Lote:	---	Contenido declarado:	100 g
Fecha de elaboración:	2026/03/09	Fecha de vencimiento:	---
Fecha de recepción:	2026/03/20	Hora de recepción:	13:25:24
Fecha de análisis:	2026/03/23	Fecha de emisión:	2026/03/31
Material de envase:	Funda plástica empacado al vacío		
Toma de muestra realizada por:	El cliente		
Procedencia de los datos:	Los resultados reportados en el presente informe se refieren a los datos y a las muestras entregadas por el cliente a nuestro laboratorio.		

CARACTERÍSTICAS DE LA MUESTRA

Color:	Característico	Olor:	Característico
Estado:	Sólido	Conservación:	Refrigeración
Temperatura de la muestra:	5.3°C		

RESULTADO FÍSICOQUÍMICO

PARÁMETRO	RESULTADO	UNIDAD	MÉTODO INTERNO	MÉTODO DE REFERENCIA
**Proteína	16,84	(F: 6,25) %	MFQ-01	AOAC 2001.11/ Volumetría, Kjeldahl

Notas Adicionales:

1. Para la determinación de proteína, el laboratorio realiza la subcontratación de una etapa del proceso analítico (destilación), proceso que se encuentra controlado dentro de los procesos internos del laboratorio subcontratado, Multianalityca asume la responsabilidad sobre la validez y emisión del resultado final.

Nota 1: ** Los resultados / la información, no forman parte del alcance de acreditación de Multianalityca S.A., y fueron suministrados por N° SAE LEN 06-001, que no está acreditado para realizar dicha actividad.

Se prohíbe la reproducción del presente informe de resultados, excepto en su totalidad previa autorización escrita de Multianalityca S.A. Toda la información relacionada con datos del cliente e ítems de ensayo (muestras) y que pueda afectar a la validez de los resultados, ha sido proporcionada y son responsabilidad exclusiva del cliente. El laboratorio se responsabiliza únicamente de los resultados emitidos los cuales corresponden a la muestra analizada y descrita en el presente documento.

El laboratorio declina toda responsabilidad, acerca de desvíos encontrados en las muestras entregadas por el cliente y que pueden afectar a la validez de los resultados, particular que es comunicado al cliente en caso de ser detectado por el laboratorio.

El tiempo de almacenamiento de los informes de resultados y toda la información técnica relacionada al mismo para dar trazabilidad será de 5 años a partir de su fecha de emisión. (Punto 8.4.2 CR GA01 Criterios Generales Acreditación de Laboratorios de Ensayo y Calibración según NTE INEN- ISO/IEC 17025:2018).

El Tiempo de Retención de las Muestras en el Laboratorio para ensayos Físico-Químicos e Instrumentales partir de la fecha de ingreso será de 15 días calendario para muestras perecibles, 30 días calendario para muestras medianamente perecibles y estables. Muestras para ensayos microbiológicos será de 5 días laborables para muestras perecibles, 10 días laborables para muestras medianamente perecibles y estables a partir de la fecha de análisis.

Multianalityca S.A. no asume responsabilidad por el uso posterior que el cliente o terceros den a los resultados emitidos. Se receptorán reclamos únicamente dentro de los quince (15) días calendario posteriores a la emisión de los resultados; transcurrido dicho plazo, no se aceptarán reclamaciones de ningún tipo. La responsabilidad financiera del laboratorio se limita exclusivamente al valor pagado por el análisis correspondiente a la muestra entregada en ese momento, sin que en ningún caso exceda dicho importe. No se asumirán multas, sanciones ni daños indirectos, consecuenciales o emergentes derivados del uso del informe.



JORGE ERAZO R50-109 Y CRISTOBAL SANDOVAL - EL PINAR - QUITO - PICHINCHA - ECUADOR
(02) 330 0247, 330 0674, 095 885 0926, 099 428 8140 / informes@multianalityca.com

Desarrollado por MultySoft. Página 1/2

RFQ-7-II-01 / Edición RG: 12

INFORME DE RESULTADOS

INF.DIV-FQ.118636c

DATOS DEL CLIENTE

Cliente:	COLLAGUAZO SIMBAÑA EDISON RENE
Dirección:	TULCÁN
Teléfono:	0982493255

DATOS DE LA MUESTRA

Descripción:	Salchichas frankfurt T2	Contenido declarado:	100 g
Lote:	---	Fecha de vencimiento:	---
Fecha de elaboración:	2026/03/09	Hora de recepción:	13:25:24
Fecha de recepción:	2026/03/20	Fecha de emisión:	2026/03/31
Fecha de análisis:	2026/03/23		
Material de envase:	Funda plástica empacado al vacío		
Toma de muestra realizada por:	El cliente		
Procedencia de los datos:	Los resultados reportados en el presente informe se refieren a los datos y a las muestras entregadas por el cliente a nuestro laboratorio.		

CARACTERÍSTICAS DE LA MUESTRA

Color:	Característico	Olor:	Característico
Estado:	Sólido	Conservación:	Refrigeración
Temperatura de la muestra:	5.3°C		

RESULTADO FÍSICOQUÍMICO

PARÁMETRO	RESULTADO	UNIDAD	MÉTODO INTERNO	MÉTODO DE REFERENCIA
**Proteína	17,48	(F: 6,25) %	MFQ-01	AOAC 2001.11/ Volumetría, Kjeldahl

Notas Adicionales:

1. Para la determinación de proteína, el laboratorio realiza la subcontratación de una etapa del proceso analítico (destilación), proceso que se encuentra controlado dentro de los procesos internos del laboratorio subcontratado, Multianalityca asume la responsabilidad sobre la validez y emisión del resultado final.

Nota 1: ** Los resultados / la información, no forman parte del alcance de acreditación de Multianalityca S.A., y fueron suministrados por N° SAE LEN 06-001, que no está acreditado para realizar dicha actividad.

Se prohíbe la reproducción del presente informe de resultados, excepto en su totalidad previa autorización escrita de Multianalityca S.A. Toda la información relacionada con datos del cliente e ítems de ensayo (muestras) y que pueda afectar a la validez de los resultados, ha sido proporcionada y son responsabilidad exclusiva del cliente. El laboratorio se responsabiliza únicamente de los resultados emitidos los cuales corresponden a la muestra analizada y descrita en el presente documento.

El laboratorio declina toda responsabilidad, acerca de desvíos encontrados en las muestras entregadas por el cliente y que pueden afectar a la validez de los resultados, particular que es comunicado al cliente en caso de ser detectado por el laboratorio.

El tiempo de almacenamiento de los informes de resultados y toda la información técnica relacionada al mismo para dar trazabilidad será de 5 años a partir de su fecha de emisión. (Punto 8.4.2 CR GA01 Criterios Generales Acreditación de Laboratorios de Ensayo y Calibración según NTE INEN- ISO/IEC 17025:2018).

El Tiempo de Retención de las Muestras en el Laboratorio para ensayos Físico-Químicos e Instrumentales partir de la fecha de ingreso será de 15 días calendario para muestras perecibles, 30 días calendario para muestras medianamente perecibles y estables. Muestras para ensayos microbiológicos será de 5 días laborables para muestras perecibles, 10 días laborables para muestras medianamente perecibles y estables a partir de la fecha de análisis.

Multianalityca S.A. no asume responsabilidad por el uso posterior que el cliente o terceros den a los resultados emitidos. Se receptorán reclamos únicamente dentro de los quince (15) días calendario posteriores a la emisión de los resultados; transcurrido dicho plazo, no se aceptarán reclamaciones de ningún tipo. La responsabilidad financiera del laboratorio se limita exclusivamente al valor pagado por el análisis correspondiente a la muestra entregada en ese momento, sin que en ningún caso exceda dicho importe. No se asumirán multas, sanciones ni daños indirectos, consecuentes o emergentes derivados del uso del informe.



JORGE ERAZO R50-109 Y CRISTÓBAL SANDOVAL - EL PINAR - QUITO - PICHINCHA - ECUADOR
(02) 330 0247, 330 0674, 095 885 0926, 099 428 8140 / informes@multianalityca.com

Desarrollado por MultySoft. Página 1/2

RFO-7.11-01 / Edición RG: 12

INFORME DE RESULTADOS

INF.DIV-FQ.118636d

DATOS DEL CLIENTE

Cliente:	COLLAGUAZO SIMBAÑA EDISON RENE
Dirección:	TULCÁN
Teléfono:	0982493255

DATOS DE LA MUESTRA

Descripción:	Salchichas frankfurt T3	Contenido declarado:	100 g
Lote:	---	Fecha de vencimiento:	---
Fecha de elaboración:	2026/03/09	Hora de recepción:	13:25:24
Fecha de recepción:	2026/03/20	Fecha de emisión:	2026/03/31
Fecha de análisis:	2026/03/23		
Material de envase:	Funda plástica empacado al vacío		
Toma de muestra realizada por:	El cliente		
Procedencia de los datos:	Los resultados reportados en el presente informe se refieren a los datos y a las muestras entregadas por el cliente a nuestro laboratorio.		

CARACTERÍSTICAS DE LA MUESTRA

Color:	Característico	Olor:	Característico
Estado:	Sólido	Conservación:	Refrigeración
Temperatura de la muestra:	5.3°C		

RESULTADO FÍSICOQUÍMICO

PARÁMETRO	RESULTADO	UNIDAD	MÉTODO INTERNO	MÉTODO DE REFERENCIA
**Proteína	18,12	(F: 6,25) %	MFO-01	AOAC 2001.11/ Volumetría, Kjeldahl

Notas Adicionales:

1. Para la determinación de proteína, el laboratorio realiza la subcontratación de una etapa del proceso analítico (destilación), proceso que se encuentra controlado dentro de los procesos internos del laboratorio subcontratado, Multianalityca asume la responsabilidad sobre la validez y emisión del resultado final.

Nota 1: ** Los resultados / la información, no forman parte del alcance de acreditación de Multianalityca S.A., y fueron suministrados por N° SAE LEN 06-001, que no está acreditado para realizar dicha actividad.

Se prohíbe la reproducción del presente informe de resultados, excepto en su totalidad previa autorización escrita de Multianalityca S.A. Toda la información relacionada con datos del cliente e ítems de ensayo (muestras) y que pueda afectar a la validez de los resultados, ha sido proporcionada y son responsabilidad exclusiva del cliente. El laboratorio se responsabiliza únicamente de los resultados emitidos los cuales corresponden a la muestra analizada y descrita en el presente documento.

El laboratorio declina toda responsabilidad, acerca de desvíos encontrados en las muestras entregadas por el cliente y que pueden afectar a la validez de los resultados, particular que es comunicado al cliente en caso de ser detectado por el laboratorio.

El tiempo de almacenamiento de los informes de resultados y toda la información técnica relacionada al mismo para dar trazabilidad será de 5 años a partir de su fecha de emisión. (Punto 8.4.2 CR GA01 Criterios Generales Acreditación de Laboratorios de Ensayo y Calibración según NTE INEN- ISO/IEC 17025:2018).

El Tiempo de Retención de las Muestras en el Laboratorio para ensayos Físico-Químicos e Instrumentales partir de la fecha de ingreso será de 15 días calendario para muestras perecibles, 30 días calendario para muestras medianamente perecibles y estables. Muestras para ensayos microbiológicos será de 5 días laborables para muestras perecibles, 10 días laborables para muestras medianamente perecibles y estables a partir de la fecha de análisis.

Multianalityca S.A. no asume responsabilidad por el uso posterior que el cliente o terceros den a los resultados emitidos. Se receptorán reclamos únicamente dentro de los quince (15) días calendario posteriores a la emisión de los resultados; transcurrido dicho plazo, no se aceptarán reclamaciones de ningún tipo. La responsabilidad financiera del laboratorio se limita exclusivamente al valor pagado por el análisis correspondiente a la muestra entregada en ese momento, sin que en ningún caso exceda dicho importe. No se asumirán multas, sanciones ni daños indirectos, consecuentes o emergentes derivados del uso del informe.



JORGE ERAZO R50-109 Y CRISTÓBAL SANDOVAL - EL PINAR - QUITO - PICHINCHA - ECUADOR
(02) 330 0247, 330 0674, (095) 885 0926, 099 428 8140 / informes@multianalityca.com

Desarrollado por MultySoft. Página 1/2

RFO-7.11-01 / Edición RG: 12

INFORME DE RESULTADOS

INF.DIV-FQ.118636e

DATOS DEL CLIENTE

Cliente:	COLLAGUAZO SIMBAÑA EDISON RENE
Dirección:	TULCÁN
Teléfono:	0982493255

DATOS DE LA MUESTRA

Descripción:	Salchichas frankfurt T4	Contenido declarado:	100 g
Lote:	---	Fecha de vencimiento:	---
Fecha de elaboración:	2026/03/09	Hora de recepción:	13:25:24
Fecha de recepción:	2026/03/20	Fecha de emisión:	2026/03/31
Fecha de análisis:	2026/03/23		
Material de envase:	Funda plástica empacado al vacío		
Toma de muestra realizada por:	El cliente		
Procedencia de los datos:	Los resultados reportados en el presente informe se refieren a los datos y a las muestras entregadas por el cliente a nuestro laboratorio.		

CARACTERÍSTICAS DE LA MUESTRA

Color:	Característico	Olor:	Característico
Estado:	Sólido	Conservación:	Refrigeración
Temperatura de la muestra:	5.3°C		

RESULTADO FÍSICOQUÍMICO

PARÁMETRO	RESULTADO	UNIDAD	MÉTODO INTERNO	MÉTODO DE REFERENCIA
**Proteína	18,24	(F: 6,25) %	MFQ-01	AOAC 2001.11/ Volumetría, Kjeldahl

Notas Adicionales:

1. Para la determinación de proteína, el laboratorio realiza la subcontratación de una etapa del proceso analítico (destilación), proceso que se encuentra controlado dentro de los procesos internos del laboratorio subcontratado, Multianalityca asume la responsabilidad sobre la validez y emisión del resultado final.

Nota 1: ** Los resultados / la información, no forman parte del alcance de acreditación de Multianalityca S.A., y fueron suministrados por N° SAE LEN 06-001, que no está acreditado para realizar dicha actividad.

Se prohíbe la reproducción del presente informe de resultados, excepto en su totalidad previa autorización escrita de Multianalityca S.A. Toda la información relacionada con datos del cliente e ítems de ensayo (muestras) y que pueda afectar a la validez de los resultados, ha sido proporcionada y son responsabilidad exclusiva del cliente. El laboratorio se responsabiliza únicamente de los resultados emitidos los cuales corresponden a la muestra analizada y descrita en el presente documento.

El laboratorio declina toda responsabilidad, acerca de desvíos encontrados en las muestras entregadas por el cliente y que pueden afectar a la validez de los resultados, particular que es comunicado al cliente en caso de ser detectado por el laboratorio.

El tiempo de almacenamiento de los informes de resultados y toda la información técnica relacionada al mismo para dar trazabilidad será de 5 años a partir de su fecha de emisión. (Punto 8.4.2 CR GA01 Criterios Generales Acreditación de Laboratorios de Ensayo y Calibración según NTE INEN- ISO/IEC 17025:2018).

El Tiempo de Retención de las Muestras en el Laboratorio para ensayos Físico-Químicos e Instrumentales partir de la fecha de ingreso será de 15 días calendario para muestras perecibles, 30 días calendario para muestras medianamente perecibles y estables. Muestras para ensayos microbiológicos será de 5 días laborables para muestras perecibles, 10 días laborables para muestras medianamente perecibles y estables a partir de la fecha de análisis.

Multianalityca S.A. no asume responsabilidad por el uso posterior que el cliente o terceros den a los resultados emitidos. Se receptorán reclamos únicamente dentro de los quince (15) días calendario posteriores a la emisión de los resultados; transcurrido dicho plazo, no se aceptarán reclamaciones de ningún tipo. La responsabilidad financiera del laboratorio se limita exclusivamente al valor pagado por el análisis correspondiente a la muestra entregada en ese momento, sin que en ningún caso exceda dicho importe. No se asumirán multas, sanciones ni daños indirectos, consecuentes o emergentes derivados del uso del informe.



JORGE ERAZO R50-109 Y CRISTÓBAL SANDOVAL - EL PINAR - QUITO - PICHINCHA - ECUADOR
(02) 330 0247, 330 0674, 095 885 0926, 099 428 8140 / informes@multianalityca.com

Desarrollado por MultySoft. Página 1/2

RFO-7.11-01 / Edición RG: 12

Anexo 5. Verificación de supuestos

Variable	Normalidad		Homogeneidad de varianzas	
	Prueba de Shapiro Wilks		Prueba de Levene	
	Sí	No	Sí	No
Ceniza	0.5544		0.311	
Grasa		0.008	0.1529	
pH	0.157		0.9846	
Proteína	0.4931		0.2692	
Dureza		0.0005		0.07
Cohesividad		0.0013	0.0769	
Elasticidad		0		0.0445
Gomosidad		0.0003	0.0586	
Masticabilidad		0.0131	0.1013	

Anexo 6. Script RStudio

```
# =====
# ANÁLISIS ESTADÍSTICO EDISON COLLAGUAZO
# Sustitución parcial de nitritos por aceite esencial de Cuychupe
# en salchichas tipo Frankfurt
# =====

# 1. Instalar y cargar paquetes necesarios -----
if (!require(tidyverse)) install.packages("tidyverse")
if (!require(car)) install.packages("car")
if (!require(FSA)) install.packages("FSA")
if (!require(agricolae)) install.packages("agricolae")
if (!require(multcomp)) install.packages("multcomp")
if (!require(ggplot2)) install.packages("ggplot2")
if (!require(lme4)) install.packages("lme4")
if (!require(lmerTest)) install.packages("lmerTest")

library(tidyverse)
library(car)
library(FSA)
library(agricolae)
library(multcomp)
library(ggplot2)
library(lme4)
library(lmerTest)

# Función para leer desde el portapapeles (Windows/Mac/Linux)
leer_clip <- function(header = TRUE, sep = "\t") {
  if (.Platform$OS.type == "windows") {
    read.table("clipboard", header = header, sep = sep, stringsAsFactors = FALSE)
  } else if (Sys.info()[1] == "Darwin") {
    read.table(pipe("pbpaste"), header = header, sep = sep, stringsAsFactors = FALSE)
  } else {
    read.table(pipe("xclip -selection clipboard -o"), header = header, sep = sep, stringsAsFactors = FALSE)
  }
}

# =====
# 2. ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS (Ceniza, Grasa, pH, Proteína)
# =====
cat("\n===== \n")
cat("FÍSICOQUÍMICOS: Copia los datos con columnas: \n")
cat("Tratamiento\tCeniza\tGrasa\tpH\tProteína\n")
cat("(Incluye encabezados. Presiona ENTER después de copiar)\n")
invisible(readline())

datos_fq <- leer_clip()
names(datos_fq) <- c("Tratamiento", "Ceniza", "Grasa", "pH", "Proteína")
datos_fq$Tratamiento <- factor(datos_fq$Tratamiento, levels = c("T0", "T1", "T2", "T3", "T4"))

# Lista de variables
vars_fq <- c("Ceniza", "Grasa", "pH", "Proteína")

# Función para analizar cada variable
analizar_fq <- function(var, datos) {
  cat("\n\n", paste(rep("=", 80), collapse = ""), "\n")
  cat("VARIABLE:", var, "\n")
  cat(paste(rep("=", 80), collapse = ""), "\n")

  # --- Supuestos ---
  modelo <- aov(as.formula(paste(var, "~ Tratamiento")), data = datos)
  residuos <- residuals(modelo)
```

```

shapiro_p <- shapiro.test(residuos)$p.value
levene_p <- leveneTest(as.formula(paste(var, "~ Tratamiento")), data = datos)$`Pr(>F)`[1]
cat("\n>>> SUPUESTOS:\n")
cat(" Normalidad (Shapiro-Wilk): p =", round(shapiro_p, 4),
    ifelse(shapiro_p > 0.05, "-> Normal", "-> NO normal\n"))
cat(" Homogeneidad (Levene): p =", round(levene_p, 4),
    ifelse(levene_p > 0.05, "-> Homogéneo", "-> NO homogéneo\n"))

# --- ANOVA o Kruskal-Wallis ---
if (shapiro_p > 0.05 & levene_p > 0.05) {
  cat("\n>>> ANOVA PARAMÉTRICO\n")
  anova_res <- anova(modelo)
  print(anova_res)
  cat("\nCoeficiente de variación (CV%):",
      round(sqrt(anova_res$`Mean Sq`[2]) / mean(datos[[var]]) * 100, 2), "%\n")

  if (anova_res$`Pr(>F)`[1] < 0.05) {
    cat("\n--- Post-hoc Tukey HSD ---\n")
    tukey <- HSD.test(modelo, "Tratamiento", group = TRUE)
    print(tukey$groups)

    cat("\n--- Comparación con control T0 (Dunnett) ---\n")
    library(multcomp)
    dunnet <- glht(modelo, linfct = mcp(Tratamiento = "Dunnett"))
    print(summary(dunnet))
  }
} else {
  cat("\n>>> PRUEBA NO PARAMÉTRICA (Kruskal-Wallis)\n")
  kw <- kruskal.test(as.formula(paste(var, "~ Tratamiento")), data = datos)
  print(kw)
  if (kw$p.value < 0.05) {
    cat("\n--- Post-hoc Dunn (Bonferroni) ---\n")
    dunn <- dunnTest(as.formula(paste(var, "~ Tratamiento")), data = datos, method = "bonferroni")
    print(dunn)
  }
}

# --- Resumen descriptivo ---
resumen <- datos %>%
  group_by(Tratamiento) %>%
  summarise(Media = round(mean(.data[[var]]), 3),
            DE = round(sd(.data[[var]]), 3))
cat("\n>>> RESUMEN (Media ± DE):\n")
print(resumen)

# --- Gráfico de cajas ---
p <- ggplot(datos, aes(x = Tratamiento, y = .data[[var]], fill = Tratamiento)) +
  geom_boxplot() + labs(title = var, y = var, x = "Tratamiento") +
  theme_minimal() + theme(legend.position = "none")
print(p)
}

# Ejecutar para cada variable fisicoquímica
for (v in vars_fq) analizar_fq(v, datos_fq)

# =====
# 3. ANÁLISIS TEXTURAL (Dureza, Cohesividad, Elasticidad, Gomosidad, Masticabilidad)
# =====
cat("\n\n===== \n")
cat("TEXTURALES: Copia los datos con columnas:\n")
cat("Tratamiento\tDureza\tCohesividad\tElasticidad\tGomosidad\tMasticabilidad\n")
invisible(readline())

```

```

datos_tx <- leer_clip()
names(datos_tx) <- c("Tratamiento", "Dureza", "Cohesividad", "Elasticidad", "Gomosidad", "Masticabilidad")
datos_tx$Tratamiento <- factor(datos_tx$Tratamiento, levels = c("T0", "T1", "T2", "T3", "T4"))
vars_tx <- c("Dureza", "Cohesividad", "Elasticidad", "Gomosidad", "Masticabilidad")
for (v in vars_tx) analizar_fq(v, datos_tx)

# =====
# ANÁLISIS DE VIDA ÚTIL
# =====

if (!require(tidyverse)) install.packages("tidyverse")
if (!require(FSA)) install.packages("FSA")
if (!require(ggplot2)) install.packages("ggplot2")
library(tidyverse)
library(FSA)
library(ggplot2)

leer_clip <- function() {
  if (.Platform$OS.type == "windows") {
    read.table("clipboard", header = TRUE, sep = "\t", stringsAsFactors = FALSE, fill = TRUE)
  } else if (Sys.info()[1:"sysname"] == "Darwin") {
    read.table(pipe("pbpaste"), header = TRUE, sep = "\t", stringsAsFactors = FALSE, fill = TRUE)
  } else {
    read.table(pipe("xclip -selection clipboard -o"), header = TRUE, sep = "\t", stringsAsFactors = FALSE, fill = TRUE)
  }
}

cat("\n===== \n")
cat("ANÁLISIS DE VIDA ÚTIL - DATOS EN FORMATO ANCHO \n")
cat("INSTRUCCIONES: \n")
cat("1. En Excel, selecciona los datos incluyendo los encabezados. \n")
cat("2. Las columnas deben estar en este orden: \n")
cat(" Microorganismo, Día, T0, T1, T2, T3, T4 \n")
cat("3. Copia (Ctrl+C) y presiona ENTER. \n")
invisible(readline())

datos_raw <- leer_clip()

# Verificar que hay al menos 7 columnas
if (ncol(datos_raw) < 7) {
  stop("Se necesitan al menos 7 columnas. Verifica que hayas copiado todo.")
}

# Mostrar nombres reales (para depuración)
cat("\n=== NOMBRES DE COLUMNAS (crudos) === \n")
print(names(datos_raw))
cat("\n=== PRIMERAS 6 FILAS === \n")
print(head(datos_raw))

# Forzar nombres estándar según la posición
# Col1 = Microorganismo, Col2 = Día, Col3 = T0, Col4 = T1, Col5 = T2, Col6 = T3, Col7 = T4
names(datos_raw)[1:7] <- c("Microorganismo", "Día", "T0", "T1", "T2", "T3", "T4")

# Verificar que la columna Día sea numérica
datos_raw$Día <- as.numeric(as.character(datos_raw$Día))

# Transformar a formato largo (usando los nombres forzados)
datos_largo <- datos_raw %>%
  pivot_longer(cols = c(T0, T1, T2, T3, T4),
    names_to = "Tratamiento",
    values_to = "UFC") %>%
  mutate(

```

```

    UFC = as.numeric(as.character(UFC)),
    Tratamiento = factor(Tratamiento, levels = c("T0","T1","T2","T3","T4")),
    logUFC = log10(UFC)
  ) %>%
  filter(complete.cases(.))

cat("\n=== DATOS TRANSFORMADOS ===\n")
print(head(datos_largo))
cat("\nDimensiones:", dim(datos_largo))
cat("\nDías únicos:", sort(unique(datos_largo$Día)))
cat("\nTratamientos:", levels(datos_largo$Tratamiento))
cat("\nMicroorganismos:", unique(datos_largo$Microorganismo), "\n")

# =====
# 4. Gráficos
# =====
for (m in unique(datos_largo$Microorganismo)) {
  df_plot <- datos_largo %>%
    filter(Microorganismo == m) %>%
    group_by(Día, Tratamiento) %>%
    summarise(media = mean(logUFC), sd = sd(logUFC), .groups = "drop")
  p <- ggplot(df_plot, aes(x = Día, y = media, color = Tratamiento, group = Tratamiento)) +
    geom_line(linewidth = 1) + geom_point(size = 2) +
    geom_errorbar(aes(ymin = media - sd, ymax = media + sd), width = 0.5) +
    labs(title = m, x = "Días", y = "log10 (UFC/g)") + theme_minimal()
  print(p)
}

cat("\n===== ANÁLISIS COMPLETADO =====\n")

# =====
# 5. ANÁLISIS SENSORIAL (escala hedónica, prueba de preferencia)
# =====
cat("\n\n===== \n")
cat("SENSORIAL (T0 a T4): Copia los datos en formato LARGO:\n")
cat("Juez\tTratamiento\tColor\tOlor\tSabor\tApariencia\tConsistencia\tAceptabilidad\n")
invisible(readline())

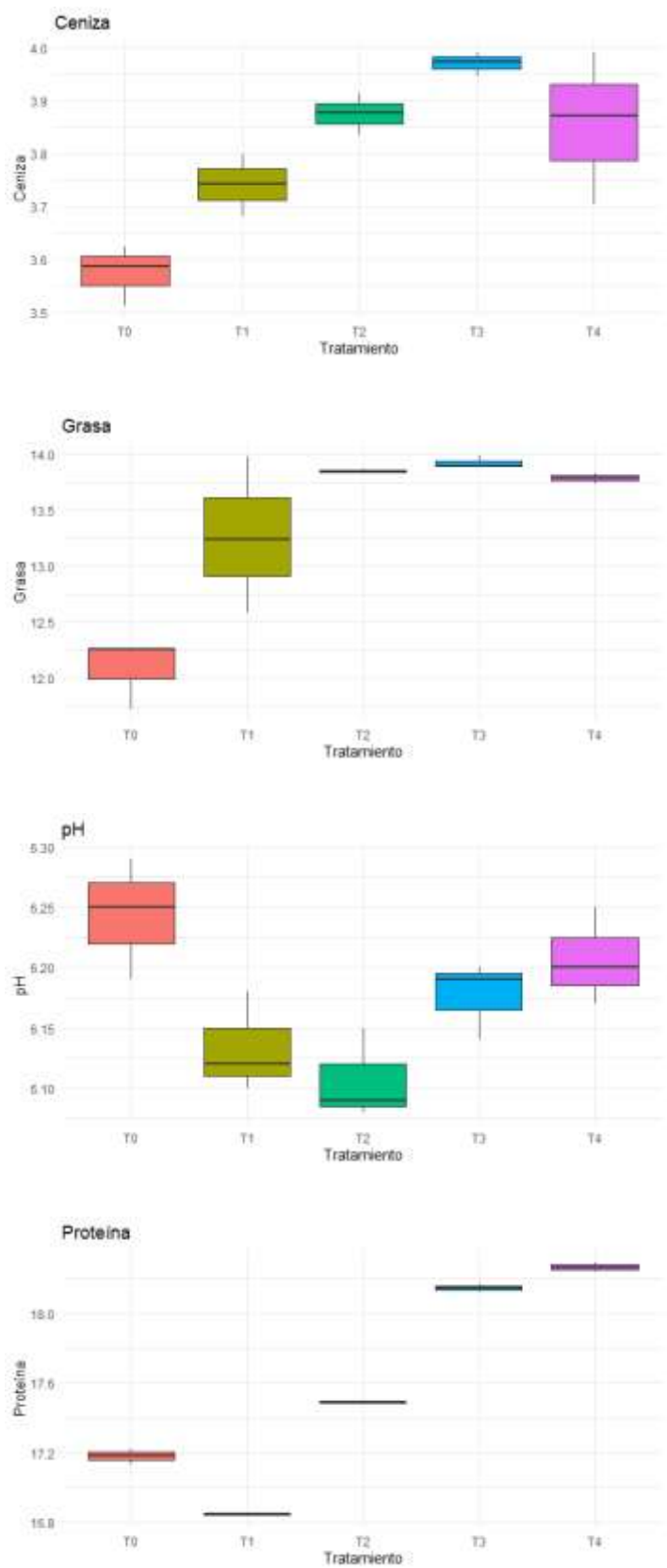
datos_sen <- leer_clip()
# Ajusta los nombres según tus columnas reales
names(datos_sen)
c("Juez", "Tratamiento", "Color", "Olor", "Sabor", "Apariencia", "Consistencia", "Aceptabilidad")
datos_sen$Tratamiento <- factor(datos_sen$Tratamiento, levels = c("T0", "T1", "T2", "T3", "T4"))
atributos <- c("Color", "Olor", "Sabor", "Apariencia", "Consistencia", "Aceptabilidad")

# Análisis no paramétrico por atributo (Kruskal-Wallis + Dunn)
for (att in atributos) {
  cat("\n---", att, "---\n")
  kw <- kruskal.test(as.formula(paste(att, "~ Tratamiento")), data = datos_sen)
  print(kw)
  if (kw$p.value < 0.05) {
    dunn <- dunnTest(as.formula(paste(att, "~ Tratamiento")), data = datos_sen, method = "bonferroni")
    cat("Comparaciones significativas (Dunn, Bonferroni):\n")
    print(dunn$res %>% filter(P.adj < 0.05))
  }
  # Tabla de medianas
  med <- datos_sen %>%
    group_by(Tratamiento) %>%
    summarise(Mediana = median(.data[[att]]), DE = sd(.data[[att]]))
  print(med)
}

```

<-

Resultados fisicoquímicos



```
=====
VARIABLE: Ceniza
=====
```

```
>>> SUPUESTOS:
Normalidad (Shapiro-wilk): p = 0.5544 -> Normal Homogeneidad (Levene): p = 0.311 -
> Homogéneo
```

```
>>> ANOVA PARAMÉTRICO
Analysis of Variance Table
```

```
Response: Ceniza
```

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
Tratamiento	4	0.275232	0.068808	11.63	0.0008868 ***
Residuals	10	0.059163	0.005916		

```
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
```

```
Coefficiente de variación (CV%): 2.02 %
```

```
--- Post-hoc Tukey HSD ---
```

```
      Ceniza groups
T3 3.969333      a
T2 3.874000     ab
T4 3.854667     ab
T1 3.740333     bc
T0 3.574000      c
```

```
--- Comparación con control T0 (Dunnett) ---
```

```
      Simultaneous Tests for General Linear Hypotheses
```

```
Multiple Comparisons of Means: Dunnett Contrasts
```

```
Fit: aov(formula = as.formula(paste(var, "~ Tratamiento")), data = datos)
```

```
Linear Hypotheses:
```

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
T1 - T0 == 0	0.1663	0.0628	2.649	0.07405 .
T2 - T0 == 0	0.3000	0.0628	4.777	0.00259 **
T3 - T0 == 0	0.3953	0.0628	6.295	< 0.001 ***
T4 - T0 == 0	0.2807	0.0628	4.469	0.00412 **

```
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
(Adjusted p values reported -- single-step method)
```

```
>>> RESUMEN (Media ± DE):
```

```
# A tibble: 5 × 3
  Tratamiento Media    DE
  <fct>      <dbl> <dbl>
1 T0        3.57 0.057
2 T1        3.74 0.059
3 T2        3.87 0.039
4 T3        3.97 0.023
5 T4        3.86 0.145
```

```
=====
VARIABLE: Grasa
=====
```

```
>>> SUPUESTOS:
Normalidad (Shapiro-wilk): p = 0.008 -> NO normal
Homogeneidad (Levene): p = 0.1529 -> Homogéneo
>>> PRUEBA NO PARAMÉTRICA (Kruskal-wallis)
```

```
      Kruskal-wallis rank sum test
```

```
data: Grasa by Tratamiento
```

```
Kruskal-wallis chi-squared = 10.167, df = 4, p-value = 0.03771
```

```
--- Post-hoc Dunn (Bonferroni) ---
```

```
      Kruskal-wallis rank sum test
```

```
data: x and g
```

kruskal-wallis chi-squared = 10.1667, df = 4, p-value = 0.04

Dunn's Pairwise Comparison of x by g (Bonferroni)					
Col Row	Mean- Mean	T0	T1	T2	T3
T1		-1.551880 1.0000			
T2		-2.099603 0.3576	-0.547722 1.0000		
T3		-3.103761 0.0191*	-1.551880 1.0000	-1.004158 1.0000	
T4		-1.460593 1.0000	0.091287 1.0000	0.639009 1.0000	1.643167 1.0000

$\alpha = 0.05$

Reject H_0 if $p \leq \alpha$, where $p = \Pr(|Z| \geq |z|)$

Dunn (1964) Kruskal-wallis multiple comparison

p-values adjusted with the Bonferroni method.

j	P.adj	Comparison	Z	P.unad
1	T0 - T1	-1.55188058 0.120690801 1.00000000		
2	T0 - T2	-2.09960314 0.035763767 0.35763767		
3	T1 - T2	-0.54772256 0.583882421 1.00000000		
4	T0 - T3	-3.10376116 0.001910775 0.01910775		
5	T1 - T3	-1.55188058 0.120690801 1.00000000		
6	T2 - T3	-1.00415802 0.315302452 1.00000000		
7	T0 - T4	-1.46059349 0.144127035 1.00000000		
8	T1 - T4	0.09128709 0.927264474 1.00000000		
9	T2 - T4	0.63900965 0.522816654 1.00000000		
10	T3 - T4	1.64316767 0.100348246 1.00000000		

>>> RESUMEN (Media $\pm$ DE):

A tibble: 5 $\times$ 3

	Tratamiento	Media	DE
	<fct>	<dbl>	<dbl>
1	T0	12.1	0.312
2	T1	13.3	0.698
3	T2	13.8	0.019
4	T3	13.9	0.053
5	T4	13.8	0.047

VARIABLE: pH

>>> SUPUESTOS:

Normalidad (Shapiro-wilk): $p = 0.157$ -> Normal Homogeneidad (Levene): $p = 0.9846$ -> Homogéneo

>>> ANOVA PARAMÉTRICO

Analysis of Variance Table

Response: pH

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
Tratamiento	4	0.036200	0.0090500	5.4084	0.01395 *
Residuals	10	0.016733	0.0016733		

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Coefficiente de variación (CV%): 0.66 %

--- Post-hoc Tukey HSD ---

	pH groups
T0 6.243333	a
T4 6.206667	ab
T3 6.176667	ab
T1 6.133333	b
T2 6.106667	b

--- Comparación con control T0 (Dunnett) ---

Simultaneous Tests for General Linear Hypotheses

Multiple Comparisons of Means: Dunnett Contrasts

```
Fit: aov(formula = as.formula(paste(var, "~ Tratamiento")), data = datos)
```

Linear Hypotheses:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)	
T1 - T0 == 0	-0.11000	0.03340	-3.293	0.02571	*
T2 - T0 == 0	-0.13667	0.03340	-4.092	0.00724	**
T3 - T0 == 0	-0.06667	0.03340	-1.996	0.20699	
T4 - T0 == 0	-0.03667	0.03340	-1.098	0.65631	

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
(Adjusted p values reported -- single-step method)

```
>>> RESUMEN (Media ± DE):
```

```
# A tibble: 5 × 3
  Tratamiento Media    DE
  <fct>         <dbl> <dbl>
1 T0           6.24 0.05
2 T1           6.13 0.042
3 T2           6.11 0.038
4 T3           6.18 0.032
5 T4           6.21 0.04
```

```
=====
VARIABLE: Proteína
=====
```

```
>>> SUPUESTOS:
```

```
Normalidad (Shapiro-wilk): p = 0.4931 -> Normal Homogeneidad (Levene): p = 0.2692
-> Homogéneo
```

```
>>> ANOVA PARAMÉTRICO
```

```
Analysis of Variance Table
```

```
Response: Proteína
```

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
Tratamiento	4	4.4872	1.1218	1595.3	0.00000000000000562 ***
Residuals	10	0.0070	0.0007		

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

```
Coefficiente de variación (CV%): 0.15 %
```

```
--- Post-hoc Tukey HSD ---
```

```
Proteína groups
```

T4	18.26567	a
T3	18.14433	b
T2	17.48700	c
T0	17.17900	d
T1	16.84667	e

```
--- Comparación con control T0 (Dunnett) ---
```

```
Simultaneous Tests for General Linear Hypotheses
```

Multiple Comparisons of Means: Dunnett Contrasts

```
Fit: aov(formula = as.formula(paste(var, "~ Tratamiento")), data = datos)
```

Linear Hypotheses:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)	
T1 - T0 == 0	-0.33233	0.02165	-15.35	<0.000001	***
T2 - T0 == 0	0.30800	0.02165	14.22	<0.000001	***
T3 - T0 == 0	0.96533	0.02165	44.58	<0.000001	***
T4 - T0 == 0	1.08667	0.02165	50.19	<0.000001	***

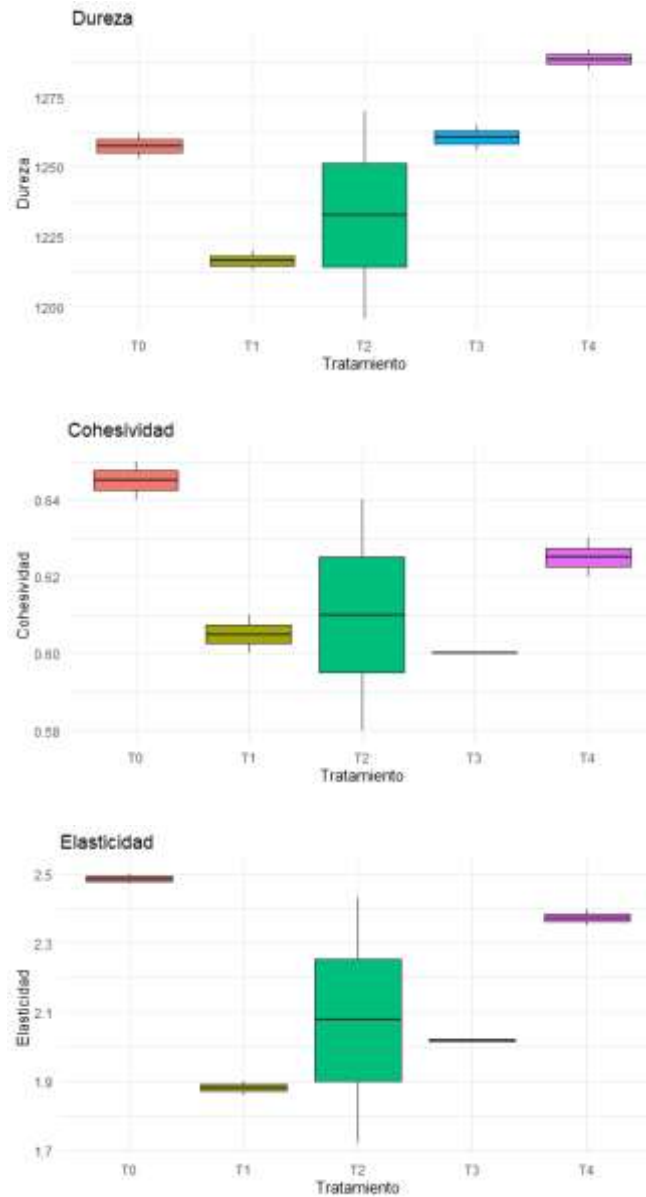
Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
(Adjusted p values reported -- single-step method)

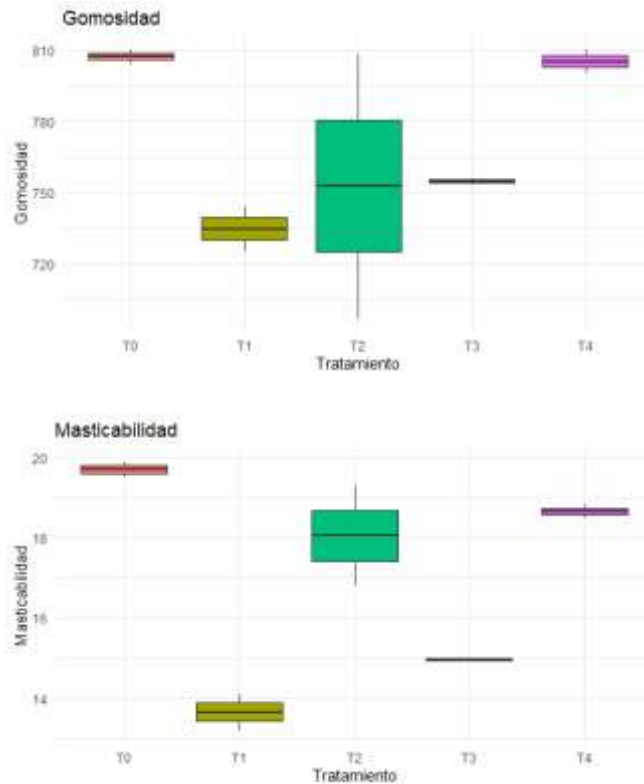
```
>>> RESUMEN (Media ± DE):
```

```
# A tibble: 5 × 3
```

	Tratamiento	Media	DE
1	T0	17.2	0.047
2	T1	16.8	0.006
3	T2	17.5	0.006
4	T3	18.1	0.024
5	T4	18.3	0.027

Resultados texturales





VARIABLE: Dureza

```
>>> SUPUESTOS:
Normalidad (Shapiro-wilk): p = 0.0005 -> NO normal
Homogeneidad (Levene): p = 0.07 -> Homogéneo
>>> PRUEBA NO PARAMÉTRICA (Kruskal-wallis)
```

Kruskal-wallis rank sum test

```
data: Dureza by Tratamiento
Kruskal-wallis chi-squared = 9.9, df = 4, p-value = 0.04215
```

```
--- Post-hoc Dunn (Bonferroni) ---
Kruskal-wallis rank sum test
```

```
data: x and g
Kruskal-wallis chi-squared = 9.9, df = 4, p-value = 0.04
```

Dunn's Pairwise Comparison of x by g
(Bonferroni)

Col Row	Mean- Mean	T0	T1	T2	T3
T1		1.369306 1.0000			
T2		0.547722 1.0000	-0.821583 1.0000		
T3		-0.273861 1.0000	-1.643167 1.0000	-0.821583 1.0000	
T4		-1.643167 1.0000	-3.012474 0.0259*	-2.190890 0.2846	-1.369306 1.0000

$\alpha = 0.05$
 Reject H_0 if $p \leq \alpha$, where $p = \Pr(|Z| \geq |z|)$
 Dunn (1964) kruskal-wallis multiple comparison

```

p-values adjusted with the Bonferroni method.      Comparison      Z      P.unad
j      P.adj
1      T0 - T1  1.3693064 0.170903520 1.00000000
2      T0 - T2  0.5477226 0.583882421 1.00000000
3      T1 - T2 -0.8215838 0.411313792 1.00000000
4      T0 - T3 -0.2738613 0.784191229 1.00000000
5      T1 - T3 -1.6431677 0.100348246 1.00000000
6      T2 - T3 -0.8215838 0.411313792 1.00000000
7      T0 - T4 -1.6431677 0.100348246 1.00000000
8      T1 - T4 -3.0124741 0.002591276 0.02591276
9      T2 - T4 -2.1908902 0.028459737 0.28459737
10     T3 - T4 -1.3693064 0.170903520 1.00000000

```

```
>>> RESUMEN (Media ± DE):
```

```

# A tibble: 5 × 3
  Tratamiento Media    DE
<fct>      <dbl> <dbl>
1 T0        1258.    4.5
2 T1        1216.    3.5
3 T2        1233.    3.5
4 T3        1260.    4.5
5 T4        1288.    3.5

```

```
=====
VARIABLE: Cohesividad
=====
```

```
>>> SUPUESTOS:
```

```
Normalidad (Shapiro-wilk): p = 0.0013 -> NO normal
```

```
Homogeneidad (Levene): p = 0.0769 -> Homogéneo
```

```
>>> PRUEBA NO PARAMÉTRICA (Kruskal-wallis)
```

```
Kruskal-wallis rank sum test
```

```
data: Cohesividad by Tratamiento
```

```
Kruskal-wallis chi-squared = 9.9209, df = 4, p-value = 0.04178
```

```
--- Post-hoc Dunn (Bonferroni) ---
```

```
Kruskal-wallis rank sum test
```

```
data: x and g
```

```
Kruskal-wallis chi-squared = 9.9209, df = 4, p-value = 0.04
```

```
Dunn's Pairwise Comparison of x by g
(Bonferroni)
```

Col Row	Mean- Mean	T0	T1	T2	T3
T1		2.260888 0.2377			
T2		1.891764 0.5852	-0.369124 1.0000		
T3		2.860716 0.0423*	0.599827 1.0000	0.968952 1.0000	
T4		1.061233 1.0000	-1.199655 1.0000	-0.830530 1.0000	-1.799482 0.7194

```
α = 0.05
```

```
Reject Ho if  $p \leq \alpha$ , where  $p = \Pr(|Z| \geq |z|)$ 
```

```
Dunn (1964) Kruskal-wallis multiple comparison
```

```

p-values adjusted with the Bonferroni method.      Comparison      Z      P.unadj
P.adj
1      T0 - T1  2.2608888 0.02376615 0.2376615
2      T0 - T2  1.8917641 0.05852242 0.5852242
3      T1 - T2 -0.3691247 0.71203478 1.00000000
4      T0 - T3  2.8607164 0.00422685 0.0422685
5      T1 - T3  0.5998276 0.54862112 1.00000000
6      T2 - T3  0.9689523 0.33256898 1.00000000
7      T0 - T4  1.0612335 0.28858380 1.00000000
8      T1 - T4 -1.1996553 0.23027325 1.00000000
9      T2 - T4 -0.8305306 0.40623887 1.00000000

```

10 T3 - T4 -1.7994829 0.07194233 0.7194233

>>> RESUMEN (Media $\pm$ DE):

```
# A tibble: 5 x 3
  Tratamiento Media    DE
  <fct>      <dbl> <dbl>
1 T0         0.645 0.005
2 T1         0.605 0.005
3 T2         0.61  0.03
4 T3         0.6   0
5 T4         0.625 0.005
```

VARIABLE: Elasticidad

>>> SUPUESTOS:

Normalidad (Shapiro-wilk): p = 0 -> NO normal
Homogeneidad (Levene): p = 0.0445 -> NO homogéneo

>>> PRUEBA NO PARAMÉTRICA (Kruskal-wallis)

Kruskal-wallis rank sum test

data: Elasticidad by Tratamiento

Kruskal-wallis chi-squared = 10.5, df = 4, p-value = 0.0328

--- Post-hoc Dunn (Bonferroni) ---

Kruskal-wallis rank sum test

data: x and g

Kruskal-wallis chi-squared = 10.5, df = 4, p-value = 0.03

Dunn's Pairwise Comparison of x by g
(Bonferroni)

Col Row	Mean- Mean		T0	T1	T2	T3
	T1		3.012474 0.0259*			
	T2		1.917028 0.5523	-1.095445 1.0000		
	T3		2.190890 0.2846	-0.821583 1.0000	0.273861 1.0000	
	T4		1.095445 1.0000	-1.917028 0.5523	-0.821583 1.0000	-1.095445 1.0000

$\alpha = 0.05$

Reject H_0 if $p \leq \alpha$, where $p = \Pr(|Z| \geq |z|)$

Dunn (1964) Kruskal-wallis multiple comparison
p-values adjusted with the Bonferroni method.

j	P.adj	Comparison	Z	P.unad
1	T0 - T1	3.0124741 0.002591276 0.02591276		
2	T0 - T2	1.9170290 0.055234254 0.55234254		
3	T1 - T2	-1.0954451 0.273321678 1.00000000		
4	T0 - T3	2.1908902 0.028459737 0.28459737		
5	T1 - T3	-0.8215838 0.411313792 1.00000000		
6	T2 - T3	0.2738613 0.784191229 1.00000000		
7	T0 - T4	1.0954451 0.273321678 1.00000000		
8	T1 - T4	-1.9170290 0.055234254 0.55234254		
9	T2 - T4	-0.8215838 0.411313792 1.00000000		
10	T3 - T4	-1.0954451 0.273321678 1.00000000		

>>> RESUMEN (Media $\pm$ DE):

```
# A tibble: 5 x 3
  Tratamiento Media    DE
  <fct>      <dbl> <dbl>
1 T0         2.49 0.015
2 T1         1.88 0.02
3 T2         2.08 0.354
4 T3         2.02 0.004
```

5 T4 2.37 0.022

=====

VARIABLE: Gomosidad

=====

>>> SUPUESTOS:
 Normalidad (Shapiro-wilk): p = 0.0003 -> NO normal
 Homogeneidad (Levene): p = 0.0586 -> Homogéneo
 >>> PRUEBA NO PARAMÉTRICA (Kruskal-wallis)

Kruskal-wallis rank sum test

data: Gomosidad by Tratamiento
 Kruskal-wallis chi-squared = 8.774, df = 4, p-value = 0.067

>>> RESUMEN (Media ± DE):

A tibble: 5 × 3
 Tratamiento Media DE
 <fct> <dbl> <dbl>
 1 T0 807 3
 2 T1 734. 9.5
 3 T2 752. 55.5
 4 T3 754. 1.5
 5 T4 805 5

=====

VARIABLE: Masticabilidad

=====

>>> SUPUESTOS:
 Normalidad (Shapiro-wilk): p = 0.0131 -> NO normal
 Homogeneidad (Levene): p = 0.1013 -> Homogéneo
 >>> PRUEBA NO PARAMÉTRICA (Kruskal-wallis)

Kruskal-wallis rank sum test

data: Masticabilidad by Tratamiento
 Kruskal-wallis chi-squared = 12.9, df = 4, p-value = 0.01177

--- Post-hoc Dunn (Bonferroni) ---
 Kruskal-wallis rank sum test

data: x and g
 Kruskal-wallis chi-squared = 12.9, df = 4, p-value = 0.01

Dunn's Pairwise Comparison of x by g
 (Bonferroni)

Col Row	Mean- Mean		T0	T1	T2	T3
	T1	3.286335 0.0102*				
	T2	1.369306 1.0000	-1.917028 0.5523			
	T3	2.464751 0.1371	-0.821583 1.0000	1.095445 1.0000		
	T4	1.095445 1.0000	-2.190890 0.2846	-0.273861 1.0000	-1.369306 1.0000	

$\alpha = 0.05$

Reject H_0 if $p \leq \alpha$, where $p = \Pr(|Z| \geq |z|)$

Dunn (1964) kruskal-wallis multiple comparison

p-values adjusted with the Bonferroni method.

j	P.adj				
1	T0 - T1	3.2863353	0.001015001	0.01015001	
2	T0 - T2	1.3693064	0.170903520	1.00000000	
3	T1 - T2	-1.9170290	0.055234254	0.55234254	
4	T0 - T3	2.4647515	0.013710830	0.13710830	

Comparison

Z

P.unad

```

5      T1 - T3 -0.8215838 0.411313792 1.00000000
6      T2 - T3  1.0954451 0.273321678 1.00000000
7      T0 - T4  1.0954451 0.273321678 1.00000000
8      T1 - T4 -2.1908902 0.028459737 0.28459737
9      T2 - T4 -0.2738613 0.784191229 1.00000000
10     T3 - T4 -1.3693064 0.170903520 1.00000000

```

```
>>> RESUMEN (Media ± DE):
```

```

# A tibble: 5 × 3
  Tratamiento Media    DE
  <fct>         <dbl> <dbl>
1 T0           19.7  0.2
2 T1           13.6  0.45
3 T2           18.0  1.25
4 T3           15.0  0.05
5 T4           18.6  0.15

```

Resultados sensoriales

```
--- Color ---
```

```
Kruskal-wallis rank sum test
```

```
data: Color by Tratamiento
```

```
Kruskal-wallis chi-squared = 8.2504, df = 4, p-value = 0.08283
```

```

# A tibble: 5 × 3
  Tratamiento Mediana    DE
  <fct>         <dbl> <dbl>
1 T0           5  1.03
2 T1           5  1.03
3 T2           5  1.08
4 T4           5  1.11
5 T3           6  1.10

```

```
--- Olor ---
```

```
Kruskal-wallis rank sum test
```

```
data: Olor by Tratamiento
```

```
Kruskal-wallis chi-squared = 3.5563, df = 4, p-value = 0.4694
```

```

# A tibble: 5 × 3
  Tratamiento Mediana    DE
  <fct>         <dbl> <dbl>
1 T0           5  1.23
2 T1           5  1.29
3 T2           5  1.40
4 T4           5  1.16
5 T3           5  1.08

```

```
--- Sabor ---
```

```
Kruskal-wallis rank sum test
```

```
data: Sabor by Tratamiento
```

```
Kruskal-wallis chi-squared = 18.451, df = 4, p-value = 0.001007
```

```
kruskal-wallis rank sum test
```

```
data: x and g
```

```
Kruskal-wallis chi-squared = 18.4514, df = 4, p-value = 0
```

Dunn's Pairwise Comparison of x by g
(Bonferroni)

Col	Mean- Row Mean	T0	T1	T2	T3
	T1	0.969660 1.0000			

T2	0.634050 1.0000	-0.335610 1.0000		
T3	-1.197531 1.0000	-2.167192 0.3022	-1.831581 0.6701	
T4	-2.746834 0.0602	-3.716494 0.0020*	-3.380884 0.0072*	-1.549302 1.0000

$\alpha = 0.05$

Reject H_0 if $p \leq \alpha$, where $p = \Pr(|Z| \geq |z|)$

Comparaciones significativas (Dunn, Bonferroni):

Comparison	Z	P.unadj	P.adj
1 T1 - T3	-3.716495	0.0002020057	0.002020057
2 T2 - T3	-3.380885	0.0007225290	0.007225290

A tibble: 5 × 3

	Tratamiento	Mediana	DE
	<fct>	<dbl>	<dbl>
1	T0	5	1.29
2	T1	5	1.31
3	T2	5	1.42
4	T4	5	1.29
5	T3	6	1.21

--- Apariencia ---

Kruskal-wallis rank sum test

data: Apariencia by Tratamiento

Kruskal-wallis chi-squared = 19.168, df = 4, p-value = 0.0007284

Kruskal-wallis rank sum test

data: x and g

Kruskal-wallis chi-squared = 19.1679, df = 4, p-value = 0

Dunn's Pairwise Comparison of x by g
(Bonferroni)

Col	Mean-				
Row	Mean	T0	T1	T2	T3
T1	0.792216 1.0000				
T2	0.099850 1.0000	-0.692366 1.0000			
T3	-1.109322 1.0000	-1.901539 0.5723	-1.209172 1.0000		
T4	-3.162282 0.0157*	-3.954499 0.0008*	-3.262132 0.0111*	-2.052960 0.4008	

$\alpha = 0.05$

Reject H_0 if $p \leq \alpha$, where $p = \Pr(|Z| \geq |z|)$

Comparaciones significativas (Dunn, Bonferroni):

Comparison	Z	P.unadj	P.adj
1 T0 - T3	-3.162283	0.00156537393	0.0156537393
2 T1 - T3	-3.954500	0.00007669502	0.0007669502
3 T2 - T3	-3.262133	0.00110577272	0.0110577272

A tibble: 5 × 3

	Tratamiento	Mediana	DE
	<fct>	<dbl>	<dbl>
1	T0	5	1.36
2	T1	5	1.39
3	T2	5	1.28
4	T4	5	1.01
5	T3	6	0.843

--- Consistencia ---

Kruskal-wallis rank sum test

data: Consistencia by Tratamiento

Kruskal-wallis chi-squared = 40.258, df = 4, p-value = 0.00000003827

Kruskal-wallis rank sum test

data: x and g

Kruskal-wallis chi-squared = 40.2585, df = 4, p-value = 0

Dunn's Pairwise Comparison of x by g
(Bonferroni)

Col Row	Mean- Mean	T0	T1	T2	T3
T1		-0.340015 1.0000			
T2		0.136113 1.0000	0.476128 1.0000		
T3		-2.407544 0.1606	-2.067529 0.3868	-2.543657 0.1097	
T4		-5.111525 0.0000*	-4.771510 0.0000*	-5.247639 0.0000*	-2.703981 0.0685

$\alpha = 0.05$

Reject H_0 if $p \leq \alpha$, where $p = \Pr(|Z| \geq |z|)$

Comparaciones significativas (Dunn, Bonferroni):

	Comparison	Z	P.unadj	P.adj
1	T0 - T3	-5.111526	0.0000003195674	0.000003195674
2	T1 - T3	-4.771511	0.0000018284944	0.000018284944
3	T2 - T3	-5.247639	0.0000001540605	0.000001540605

A tibble: 5 × 3

	Tratamiento	Mediana	DE
	<fct>	<dbl>	<dbl>
1	T0	4	1.20
2	T1	5	1.37
3	T2	5	1.56
4	T4	5	1.26
5	T3	6	0.833

--- Aceptabilidad ---

Kruskal-wallis rank sum test

data: Aceptabilidad by Tratamiento

Kruskal-wallis chi-squared = 25.351, df = 4, p-value = 0.00004275

Kruskal-wallis rank sum test

data: x and g

Kruskal-wallis chi-squared = 25.3514, df = 4, p-value = 0

Dunn's Pairwise Comparison of x by g
(Bonferroni)

Col Row	Mean- Mean	T0	T1	T2	T3
T1		1.684760 0.9203			
T2		0.001087 1.0000	-1.683672 0.9224		
T3		-1.433977 1.0000	-3.118738 0.0182*	-1.435065 1.0000	
T4		-3.058898 0.0222*	-4.743659 0.0000*	-3.059986 0.0221*	-1.624920 1.0000

$\alpha = 0.05$

Reject H_0 if $p \leq \alpha$, where $p = \Pr(|Z| \geq |z|)$

Comparaciones significativas (Dunn, Bonferroni):

	Comparison	Z	P.unadj	P.adj
1	T1 - T4	-3.118739	0.001816270637	0.01816270637
2	T0 - T3	-3.058899	0.002221521916	0.02221521916
3	T1 - T3	-4.743660	0.000002098915	0.00002098915

```

4      T2 - T3 -3.059987 0.002213467616 0.02213467616
# A tibble: 5 × 3
  Tratamiento Mediana    DE
  <fct>         <dbl> <dbl>
1 T0              5 1.37
2 T1              5 1.12
3 T2              5 1.21
4 T4              5 1.09
5 T3              6 0.833
>

```