

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA ESTATAL DEL CARCHI



FACULTAD DE INDUSTRIAS AGROPECUARIAS Y CIENCIAS AMBIENTALES

CARRERA DE ALIMENTOS

Tema: “Determinación de parámetros de fermentación de un embutido madurado tipo fuet añadiendo como cultivo iniciador *Lactobacillus plantarum*”.

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

AUTOR: Loayza Narváez Steven Patricio

TUTORA: Dra. Yambay Vallejo Wilman Jenny. MSc

Tulcán, 2026.

CERTIFICADO DEL TUTOR

Certifico que el estudiante Loayza Narváez Steven Patricio con el número de cédula 0401861505, ha desarrollado el Trabajo de Integración Curricular: "Determinación de parámetros de fermentación de un embutido madurado tipo fuet añadiendo como cultivo iniciador *Lactobacillus plantarum*".

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.



Dra. Wilman Jenny Yambay Vallejo. MSc

TUTORA

Tulcán, febrero 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 alimentos de la FACULTAD DE INDUSTRIAS AGROPECUARIAS Y CIENCIAS AMBIENTALES.

Yo, Loayza Narváez Steven Patricio con cédula de identidad número 0401861505, declaro que la investigación es absolutamente original, auténtica, personal y los resultados y conclusiones a los que he llegado son de mi absoluta responsabilidad.



Loayza Narváez Steven Patricio

AUTOR

Tulcán, febrero de 2026

ACTA DE CESIÓN DE DERECHOS DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

Yo Loayza Narváez Steven Patricio declaro ser autor de los criterios emitidos en el Trabajo de Integración Curricular: "Determinación de parámetros de fermentación de un embutido madurado tipo fuet añadiendo como cultivo iniciador *Lactobacillus plantarum*" y eximo expresamente a la Universidad Politécnica Estatal del Carchi y a sus representantes de posibles reclamos o acciones legales.



Loayza Narváez Steven Patricio

AUTOR

Tulcán, febrero de 2026

AGRADECIMIENTO

Doy gracias a Dios y a la vida misma por haberme dado salud y vida por hacerme sentir todo el amor de la existencia y de la luz perpetua, que es la conexión entre nosotros y Dios, que me ha guiado durante este proceso académico.

Agradecer a mis padres y a mi familia por siempre haber sido ese soporte para lograr cumplir con mis metas y ayuda diaria para mejorar, escoger el mejor camino para ser una persona honesta, justa y trabajadora. La mejor herencia siempre ha sido la cultura de trabajo. En especial a mi abuelita Bertha Benavides que fue la persona que me empujó a seguir una carrera universitaria.

A mi gran docente y tutora Msc. Jenny Yambay, que me asesoró durante todo este proceso de titulación, educativo y de apoyo académico, para llegar a culminar la carrera universitaria.

A la Universidad Politécnica Estatal del Carchi, que me ha brindado todas las facilidades académicas prestadas en todos sus campus en el transcurso de mi carrera universitaria.

Finalmente, al grupo de profesionales de la carrera de ingeniería en alimentos por su excelente trabajo.

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a Dios y en especial a mi abuelita Bertha Benavides, que, aunque ya no está, ella fue parte fundamental para comenzar este camino universitario, doy gracias por su cariño y confianza, que siempre fue de forma incondicional hacia mi persona. Gracias por todo la Amo.

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	19
II. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA	20
2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN	20
2.2. MARCO TEÓRICO	24
2.2.1. Elaboración de embutidos cárnicos fermentados-curados.....	24
2.2.2. Elaboración de productos crudos-curados	25
2.2.3. Fermentación de productos crudos-curados	26
2.2.4. Curado como parte del proceso.....	26
2.2.5. Maduración de embutidos.....	26
2.2.6. Clasificación de embutidos fermentados	28
2.2.7. Factores que afectan la calidad de los embutidos crudos-curados	28
2.2.8. Cultivos Iniciadores en la industria cárnica	30
2.2.8.1. Cultivos iniciadores	30

2.2.8.2. Bacterias que se utilizan como cultivos iniciadores en la industria cárnica	30
2.2.8.3. Función de las Bacterias Ácido-Lácticas (BAL) en la Elaboración de Embutidos Crudo-curados	30
2.2.9. BAL como Probióticos.....	31
2.2.9.1. Probióticos y su Supervivencia: un Desafío Significativo	31
2.2.9.2. Probióticos en Alimentos Cárnicos	32
2.2.10. Fermentación y maduración de un producto cárnico-crudo con el microorganismo iniciador <i>Lactobacillus plantarum</i>	32
2.2.11. Características del embutido Fuet	32
2.2.11.1. Ingredientes del Embutido Fuet	33
2.2.11.2. Proceso de Elaboración del Embutido Fuet	33
2.2.11.3. Características de Calidad del Embutido Fuet.....	34
2.2.12. Carne de raza Yorkshire	34
III. METODOLOGÍA	35
3.1. ENFOQUE METODOLÓGICO	35
3.1.1. Enfoque	35
3.1.2. Tipo de Investigación.....	35
3.2. HIPÓTESIS	35
3.3. DEFINICIÓN Y OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES.....	36
3.3.1. Definición de las variables	36
3.3.2. Operacionalización de las variables.....	37
3.4. MÉTODOS UTILIZADOS	39
3.4.1. Métodos.....	39
3.4.1.1. Diseño experimental	39
3.4.1.2. Formulación del fuet.....	39
3.4.1.3. Diagrama de flujo	40

3.4.2. Técnicas de análisis fisicoquímicos.....	42
3.4.2.1. Pérdida de peso.....	42
3.4.2.2. Acidez	43
3.4.2.3. Determinación de grasa	43
3.4.2.4. Análisis de proteínas	45
3.4.2.5. Análisis de ceniza	46
3.4.2.6. Determinación de humedad.....	46
3.4.2.7. Determinación de pH.....	47
3.4.2.8. Actividad de agua	47
3.5. ANÁLISIS ESTADÍSTICO	47
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	48
4.1. RESULTADOS	48
4.1.1. Pérdida de peso de los embutidos tipo fuet en el proceso de maduración	48
4.1.2. Variación del pH de los embutidos tipo fuet en el proceso de maduración	49
4.1.3. Análisis sensorial	51
4.1.3.1. Color.....	52
4.1.3.2. Olor.....	52
4.1.3.3. Sabor	53
4.1.3.4. Textura.....	53
4.1.3.5. Apariencia	53
4.1.3.6. Aceptabilidad general.....	54
4.1.4. Análisis fisicoquímicos del embutido tipo fuet.....	55
4.2. DISCUSIÓN	56
4.2.1. Pérdida de peso de los embutidos tipo fuet.....	56
4.2.2. Variación del pH de los embutidos tipo fuet.....	57

4.2.3. Atributos sensoriales del embutido tipo fuet	59
4.2.4. Características fisicoquímicas del embutido tipo fuet	60
V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	63
5.1. CONCLUSIONES	63
5.2. RECOMENDACIONES	64
VII. ANEXOS.....	69

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Clasificación de los embutidos crudos-curados	28
Tabla 2. Cultivos indicadores de especies que se utilizan para la fermentación	30
Tabla 3. Operacionalización de las variables.....	38
Tabla 4. Diseño experimental	39
Tabla 5. Esquema experimental.....	39
Tabla 6. Formulación del embutido.....	39
Tabla 7. Porcentaje de pérdida de peso por semana	48
Tabla 8. pH de los embutidos tipo fuet en el proceso de maduración	50
Tabla 9. Resultados estadísticos del color	52
Tabla 10. Resultados estadísticos del olor	52
Tabla 11. Resultados estadísticos del sabor	53
Tabla 12. Resultados estadísticos de textura	53
Tabla 13. Resultados estadísticos de apariencia.....	54
Tabla 14. Resultados estadísticos de la aceptabilidad general	54
Tabla 15. Resumen global del análisis sensorial.....	55
Tabla 16. Resultados fisicoquímicos del embutido tipo fuet.....	55

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Diagrama de flujo de elaboración del embutido tipo fuet	40
Figura 2. Pérdida de peso en el tiempo de maduración del embutido	49
Figura 3. Variación de pH en el tiempo de maduración del embutido.	51
Figura 4. Pesado muestra deshidratada en crisol	72
Figura 5. Pesado reactivo HCl.....	72
Figura 6. Prueba de humedad, balanza infrarroja.....	72
Figura 7. Actividad de agua Aw.....	72
Figura 8. Porcentaje de agua por el método de Soxhlet	72
Figura 9. Destilación de proteínas por el método de Kendall.....	72
Figura 10. Digestión de proteínas.....	73
Figura 11. Porcentaje de ácidos orgánicos por titulación.....	73
Figura 12. Peso de crisol para prueba de cenizas.....	73
Figura 13. Análisis sensorial.....	73
Figura 14. Degustación panel de jueces no entrenados	73
Figura 15. Evaluación de tratamiento por jueces no entrenados	73
Figura 16. Preparación de las tripas de borrego	74
Figura 17. Trocear la carne	74

Figura 18. Pesado de condimentos	74
Figura 19. Molido de carne	74
Figura 20. Fermentación de embutido en incubadora	74
Figura 21. Colgado y secado.....	74

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Acta de la sustentación de Predefensa del TIC	69
Anexo 2. Certificado del abstract por parte de idiomas	70
Anexo 3. Análisis fisicoquímicos del mejor embutido	72
Anexo 4. Elaboración del embutido tipo fuet	74
Anexo 5. Resultados estadísticos	75

RESUMEN

Se investigó la influencia del cultivo iniciador *Lactobacillus plantarum* en la maduración de embutidos tipo fuet elaborados con carne de cerdo de raza Yorkshire. Se identificó que la falta de control en los parámetros de maduración influye en los parámetros fisicoquímicos, sensoriales y microbiológicos del producto, afectando su calidad e inocuidad. Se determinaron las condiciones óptimas de maduración para mejorar la calidad, inocuidad y aceptación del fuet, incorporando un cultivo probiótico que favorece la acidificación y estabilidad. Se diseñaron cuatro tratamientos con dos concentraciones de *L. plantarum* (0.02 % y 0.04 %) y dos temperaturas de maduración (8 °C y 12 °C). Para determinar el mejor tratamiento se realizó la evaluación sensorial (color, olor, sabor, textura y apariencia) con 60 jueces no entrenados. Se evaluaron parámetros fisicoquímicos como pH, humedad, actividad de agua, contenido de grasa, proteína, acidez y cenizas del mejor tratamiento. Se midió la pérdida de peso durante 8 semanas de maduración para asegurar la textura y seguridad del producto. Los resultados mostraron que el tratamiento con mayor concentración de *L. plantarum* y temperatura más alta (0.04% a 12°C) fue el que presentó mejores características sensoriales, con un pH adecuado (5.05), buena firmeza, actividad de agua controlada (0.812) y un contenido proteico elevado (18.30%). La pérdida de peso del fuet fue del 37.7%, dentro del rango recomendado para garantizar la seguridad microbiológica y la textura deseada. Se evidenció que el uso de *L. plantarum* acelera la acidificación, mejora la estabilidad microbiológica y contribuye a un perfil sensorial favorable, por lo tanto, el control de la temperatura y la concentración del cultivo iniciador son factores clave para optimizar la fermentación y maduración del fuet, logrando un producto seguro, estable y con alta aceptación por parte de los consumidores.

Palabras Claves: *Lactobacillus plantarum*, embutidos madurado, fuét, cultivos iniciadores.

ABSTRACT

The influence of the starter culture *Lactobacillus plantarum* on the maturation of fuet-type sausages made from Yorkshire pork was investigated. It was found that a lack of control over maturation parameters influences the physicochemical, sensory, and microbiological parameters of the product, affecting its quality and safety. The optimal ripening conditions were determined to improve the quality, safety, and acceptance of fuet, incorporating a probiotic culture that promotes acidification and stability. Four treatments were designed with two concentrations of *L. plantarum* (0.02% and 0.04%) and two ripening temperatures (8°C and 12°C). To determine the best treatment, a sensory evaluation (color, smell, taste, texture, and appearance) was performed with 60 untrained judges. Physicochemical parameters such as pH, moisture, water activity, fat content, protein, acidity, and ash content of the best treatment were evaluated. Weight loss was measured during 8 weeks of maturation to ensure product texture and safety. The results showed that the treatment with the highest concentration of *L. plantarum* and highest temperature (0.04% at 12°C) had the best sensory characteristics, with an adequate pH (5.05), good firmness, controlled water activity (0.812), and high protein content (18.30%). The weight loss of the fuet was 37.7%, within the recommended range to ensure microbiological safety and the desired texture. It was evident that the use of *L. plantarum* accelerates acidification, improves microbiological stability, and contributes to a favorable sensory profile. Therefore, temperature control and starter culture concentration are key factors in optimizing the fermentation and maturation of fuet, achieving a safe, stable product with high consumer acceptance.

Keywords: *Lactobacillus plantarum*, matured sausages, fuet, starter cultures.

INTRODUCCIÓN

Los embutidos fermentados crudo-curados, como el fuet, constituyen productos cárnicos tradicionales elaborados mediante la mezcla de carne magra, grasa, especias, sales de curado y aditivos permitidos, sometidos a procesos controlados de fermentación y maduración que desarrollan características sensoriales distintivas como color, aroma, sabor y textura específicos, sin aplicación de tratamiento térmico durante su elaboración (López y otros, 2024).

La fermentación es un proceso bioquímico fundamental donde cultivos iniciadores de bacterias ácido-lácticas como *Lactobacillus plantarum* metabolizan carbohidratos produciendo ácido láctico que reduce el pH del producto hasta valores entre 4.8 y 5.2, inhibiendo microorganismos patógenos como *Listeria monocytogenes*, *Salmonella* spp. y *Staphylococcus aureus*, garantizando la estabilidad microbiológica e inocuidad del embutido (Ba y otros, 2018).

Los cultivos iniciadores mejoran las propiedades organolépticas y tecnológicas del embutido generando compuestos volátiles como ácidos orgánicos, ésteres, alcoholes y carbonílicos responsables del perfil sensorial característico, además de incrementar significativamente la seguridad alimentaria del producto final (Xiao Y. y otros, 2020).

La carencia de protocolos estandarizados para controlar parámetros críticos como temperatura, humedad relativa, tiempo, concentración de cultivos iniciadores y actividad de agua genera considerable variabilidad en la calidad del producto final, afectando la productividad industrial e incrementando riesgos microbiológicos, especialmente en contextos de producción artesanal (Casquete, 2011). En Ecuador, la producción de embutidos tipo fuet enfrenta limitaciones técnicas por escaso control de procesos y mínima incorporación de materias primas locales como la carne de cerdo Yorkshire, caracterizada por su elevada infiltración, grasa intramuscular que aporta sabor, jugosidad y aceptabilidad sensorial, representando una oportunidad para diversificar la industria cárnica nacional (Seo et al., 2023).

I. EL PROBLEMA

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La ausencia de metodologías efectivas para determinar parámetros clave de fermentación en embutidos madurados tipo fuet, especialmente cuando se incorpora el cultivo iniciador *Lactobacillus plantarum*, ha causado desafíos técnicos persistentes. Esta falta de protocolos claros impide controlar adecuadamente el crecimiento microbiano, la acidificación y la seguridad del producto final, lo que coloca en riesgo la calidad tecnológica y microbiológica de los embutidos (Mani y otros, 2024).

La variabilidad de parámetros óptimos durante las etapas de fermentación y maduración, lo cual resulta en diferencias marcadas de sabor, textura y otras características organolépticas. Estas inconsistencias afectan de forma negativa la experiencia del consumidor y socavan la estandarización que exige la industria moderna (Wang y otros, 2022).

El escaso control sobre parámetros críticos como el pH, la actividad de agua y la temperatura genera un mayor porcentaje de productos no conformes, lo que se traduce en pérdidas económicas por lotes rechazados y aumento de los costos de producción. Adicionalmente, esto dificulta la adopción de estándares internacionales de calidad (Mani y otros, 2024).

La vida útil de los productos cárnicos madurados depende directamente de la calidad de la materia prima, los ingredientes, las condiciones de proceso y el manejo adecuado del entorno de conservación. Cuando estas variables no se controlan correctamente, proliferan microorganismos patógenos a pesar de la aplicación de sales curado y otras medidas antimicrobianas, comprometiendo la seguridad alimentaria y la estabilidad del producto durante el almacenamiento y la distribución (Wang y otros, 2022).

Los organismos como la Organización Mundial de la Salud han clasificado los embutidos procesados dentro del grupo 1 de carcinógenos humanos, advirtiendo sobre el potencial riesgo para la salud que representa el consumo regular de estos

alimentos. Ello subraya la importancia de optimizar los parámetros de elaboración y limitar su presencia en la dieta (OMS, 2015).

La ausencia de parámetros óptimos de fermentación, como la proporción y manejo adecuado de *Lactobacillus plantarum*, conlleva tiempos de procesamiento innecesariamente prolongados y un uso ineficiente de recursos productivos, lo cual afecta la rentabilidad y sostenibilidad de las empresas productoras de embutidos madurados (Mani y otros, 2024).

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

El control deficiente de parámetros de maduración en embutidos madurados tipo fuet inoculados con *Lactobacillus plantarum* genera variabilidad tecnológica, compromete la seguridad microbiológica, reduce la vida útil, afecta características sensoriales, incrementa productos no conformes y limita la estandarización requerida por mercados internacionales, impactando la rentabilidad y sostenibilidad productiva.

1.3. JUSTIFICACIÓN

En el contexto de la elaboración de embutidos tipo fuet, el cultivo iniciador *Lactobacillus plantarum* desempeña un papel crucial en la creación de las características distintivas de estos productos y en la regulación del pH para prevenir el desarrollo de microorganismos patógenos (Sarabia, 2012). Además, estudios recientes han demostrado que *L. plantarum*, cuando se consume en cantidades adecuadas como probiótico, puede ofrecer beneficios adicionales para la salud del huésped, incluyendo propiedades anti alérgicas, actividad anti cáncer y mejora en el metabolismo de la glucosa en diabetes tipo 2 (García y otros, 2021).

En el contexto ecuatoriano, se dice que la falta de desarrollo e innovación en la producción de embutidos madurados, lo que limita su consumo habitual. Por lo tanto, esta investigación busca expandir la aplicación del cultivo, incluyendo el uso del cerdo de la raza Yorkshire, que presenta ventajas significativas para mejorar el sabor, la textura y la vida útil de los embutidos fermentados (Ruiz & Barbosa, 2001).

Se busca resaltar que las tendencias actuales en el consumo de embutidos, enfocadas en opciones más saludables, lo que ha llevado a las empresas a investigar y reemplazar carnes perjudiciales por alternativas orgánicas con menor contenido de transgénicos. Además, la creciente demanda de alimentos funcionales que

prolonguen la vida útil de los productos y brinden beneficios nutricionales, lo que motiva a la industria alimentaria a desarrollar embutidos funcionales que satisfagan estas necesidades de los consumidores (Diaz & Yeny, 2022).

Estudios recientes en ciencia animal documentan que la raza Yorkshire, como representante del tipo comercial magro, presenta patrones distintos de deposición de grasa intramuscular a lo largo de su desarrollo. Específicamente, Song et al. (2022) encontraron que el contenido de grasa intramuscular en Yorkshire permanece bajo durante las fases tempranas de crecimiento (30-90 días) y solo aumenta significativamente alrededor de los 210-300 días de edad, diferenciándose marcadamente de razas tradicionales con mayor propensión a la deposición de grasa.

La raza Yorkshire presenta características deseables para la producción de embutidos, incluyendo buena calidad de carne, adecuado contenido de grasa intramuscular que influye positivamente en el sabor, terneza y jugosidad, y buena respuesta para cruces industriales con otras razas (ASPE Ecuador, 2023). En el contexto ecuatoriano, la investigación sobre la producción de embutidos fermentados es limitada, representando una oportunidad para diversificar la industria cárnica nacional mediante la optimización de parámetros de fermentación y maduración (Casquete, 2011).

1.4. OBJETIVOS Y PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN

1.4.1. Objetivo General

Determinar los parámetros óptimos de maduración para la producción de embutidos madurados tipo fuet utilizando el cultivo iniciador *Lactobacillus plantarum*.

1.4.2. Objetivos Específicos

- Identificar la influencia de la temperatura en los cultivos iniciadores en el proceso de maduración y maduración de embutidos crudo-curados tipo fuet.
- Determinar el mejor tratamiento del embutido tipo fuet mediante una evaluación sensorial.
- Evaluar las propiedades fisicoquímicas del mejor tratamiento del embutido tipo fuet.

1.4.3. Preguntas de Investigación

- ¿Cuáles son los parámetros óptimos de temperatura, tiempo y concentración de *Lactobacillus plantarum* para la producción de embutidos madurados tipo fuet?
- ¿Cómo influyen los diferentes parámetros de fermentación en las características organolépticas y la calidad de los embutidos tipo fuet?
- ¿Cuál es la efectividad de *Lactobacillus plantarum* en la reducción del pH durante el proceso de fermentación y en la inhibición de microorganismos patógenos en los embutidos?
- ¿Cuál es el impacto de la raza del cerdo, en particular la raza Yorkshire, en la calidad sensorial de los embutidos, incluyendo sabor, ternura y jugosidad, en comparación con otras razas?
- ¿Cuáles son las recomendaciones y directrices que se pueden desarrollar para la producción comercial de embutidos madurados tipo fuet en Ecuador, promoviendo la innovación y la diversificación en la industria alimentaria?

II. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

De acuerdo con López et al. (2024), llevaron a cabo una investigación con el objetivo de evaluar la viabilidad de *Lactiplantibacillus plantarum* (como cultivo iniciador), *Lactobacillus acidophilus* (como probiótico) y su mezcla durante la fermentación y maduración de un producto tipo salami, además de analizar los cambios microbiológicos, fisicoquímicos y la aceptabilidad sensorial. La metodología consistió en la formulación de salamis fermentados durante 48 h a 32 °C y madurados a 8 °C por 13 días, evaluando pH, acidez titulable, actividad de agua, conteo microbiano y características sensoriales. Los resultados demostraron que los cultivos alcanzaron poblaciones superiores a 10^8 – 10^9 UFC/g tras 15 días de fermentación y maduración, garantizando la viabilidad probiótica. El pH final fue de 5.1–5.2, la acidez titulable alcanzó alrededor de 2.5 %, y la actividad de agua (a_w) se mantuvo entre 0.832 y 0.844, valores que aseguran la estabilidad y seguridad del producto. El contenido de humedad al final de la maduración fue de 46.02 %, grasa del 37.04 % y proteína del 14.01 %. Además, se observó una reducción significativa de la microbiota contaminante, con descensos de más de 7 log en bacterias mesófilas aerobias y reducciones mayores a 8 veces en *Staphylococcus aureus* y coliformes, mientras que *Salmonella spp.* y *Listeria monocytogenes* fueron indetectables. La evaluación sensorial indicó que no existieron diferencias significativas ($p > 0.05$) en atributos como color, olor, textura, sabor y aceptabilidad global entre tratamientos. Los autores concluyeron que tanto *L. plantarum*, *L. acidophilus* como su mezcla son cultivos adecuados para la producción de salami tipo probiótico, preservando las características sensoriales y mejorando la seguridad e inocuidad del producto.

En la investigación doctoral de Sirini (2023), desarrolló una investigación cuyo objetivo fue elaborar embutidos crudo-curados con propiedades funcionales mediante la incorporación del probiótico *Lactiplantibacillus plantarum* BFL y evaluar su comportamiento microbiológico, fisicoquímico y sensorial. La metodología incluyó la fabricación de Longanizas de Pascua y Salamines Criollos con la adición de *L. plantarum* en forma libre y encapsulada por secado spray, analizando pH, A_w , nitritos

residuales, oxidación lipídica, microbiología, textura y aceptabilidad sensorial. Los resultados mostraron que durante el secado de la longaniza el pH descendió de 5.8 a 4.9 y la A_w de 0.96 a 0.88, mientras que los nitritos residuales disminuyeron significativamente (de 120 mg/kg a menos de 20 mg/kg) en presencia de harina de castaña y el probiótico. En el caso de los salamines, la viabilidad de *L. plantarum* BFL se mantuvo por encima de 8.0 log UFC/g hasta los 60 días de almacenamiento tanto a 4 °C como a 20 °C, lo que permite clasificarlos como alimentos funcionales; en cambio, en la longaniza la dosis final del probiótico descendió a 5.0 log UFC/g, insuficiente para cumplir con los niveles funcionales. El análisis sensorial indicó buena aceptabilidad global (puntajes hedónicos entre 6 y 7), aunque con percepción negativa de acidez en tratamientos con probióticos. Se concluyó que *L. plantarum* BFL presenta excelente adaptación a matrices cárnicas fermentadas, contribuye a la reducción de nitritos y mejora la seguridad microbiológica, constituyendo una alternativa viable para desarrollar embutidos probióticos a escala industrial

De acuerdo con Agüero et al. (2020), desarrollaron un estudio cuyo objetivo fue caracterizar bacterias ácido-lácticas probióticas como cultivos iniciadores en la elaboración de embutidos fermentados secos, evaluando ocho cepas en cuanto a crecimiento, producción de ácido láctico, tolerancia a sal, nitritos y pH bajo, así como actividades enzimáticas y capacidad antimicrobiana frente a patógenos. La metodología incluyó ensayos de crecimiento en diferentes temperaturas (7–43 °C), condiciones simuladas de fermentación y maduración (pH 4.5–5.5, 2–3 % NaCl y 100–200 mg/L de nitrito), determinación de producción de ácido láctico (148–216 mM) y pruebas de antagonismo contra *Listeria monocytogenes*, *Escherichia coli*, *Salmonella Dublin* y *Staphylococcus aureus*. Los resultados mostraron que las cepas *Lactobacillus rhamnosus* Lr-32 y R0011, *L. paracasei* Lpc-37, *L. casei* Shirota y *Enterococcus faecium* MXVK29 presentaron mayor potencial tecnológico y de seguridad, destacándose Lr-32 por su mejor adaptación a las condiciones de fermentación y maduración, alcanzando viabilidades superiores a 8 log₁₀ UFC/mL y favoreciendo descensos de pH desde valores iniciales cercanos a 6.0 hasta rangos de 4.6–5.1 durante fermentación y 5.1–5.5 en maduración. Los autores concluyeron que estas cepas son candidatas promisorias como cultivos iniciadores probióticos, capaces de mejorar la inocuidad, la calidad tecnológica y la funcionalidad de embutidos fermentados secos.

Por parte de Xiao et al. (2020), realizaron un estudio cuyo objetivo fue evaluar el efecto de la inoculación de *Lactobacillus plantarum* R2 y *Staphylococcus xylosus* A2 en el desarrollo del sabor y la composición microbiana de salchichas chinas fermentadas en seco. La metodología incluyó tres tratamientos: control (sin inoculación), inoculación con *L. plantarum* y una mezcla de *L. plantarum* + *S. xylosus*, sometidos a fermentación por 2 días y maduración durante 18 días, evaluando pH, actividad de agua, comunidades bacterianas (métodos dependientes e independientes de cultivo), lipólisis, proteólisis y compuestos volátiles. Los resultados evidenciaron que la inoculación disminuyó significativamente el pH hasta 4.60–4.70 y la actividad de agua (a_w) hasta 0.86–0.88, aumentó el contenido de aminoácidos libres (hasta 1070.47 mg/100 g en el tratamiento mixto) y favoreció la liberación de ácidos grasos libres, destacando el incremento de MUFAs y PUFAs. En cuanto a la microbiota, las salchichas inoculadas mostraron predominio de *Lactobacillus* spp. (27.44–79.99 %) y *Staphylococcus* spp. (19.50–50.59 %), mientras que se inhibió el crecimiento de microorganismos indeseables como *Enterococcus* spp., *Pseudomonas* spp. y *Proteus* spp. Además, se identificaron hasta 37 compuestos volátiles en el tratamiento mixto, incluyendo aldehídos, alcoholes, ácidos y ésteres responsables de notas frutales y características, mientras que se redujo la formación de hexanal, asociado a rancidez. Los autores concluyeron que la inoculación, especialmente con la combinación de *L. plantarum* y *S. xylosus*, mejoró la calidad microbiológica y promovió la formación de compuestos de sabor deseables, constituyendo una estrategia eficaz para optimizar la calidad sensorial y tecnológica de embutidos fermentados en seco

En la investigación de Ba et al. (2018) tuvieron el objetivo de evaluar el efecto de la temperatura de fermentación en la aplicabilidad de *Lactobacillus plantarum* (KACC 92189) como cultivo iniciador en la elaboración de embutidos fermentados, comparando su eficiencia frente a un cultivo iniciador comercial y un control sin inoculación. La metodología contempló seis tratamientos: tres con *L. plantarum* a 20, 25 y 30 °C, uno con cultivo comercial, uno con mezcla de ambos y un control, evaluando parámetros tecnológicos, microbiológicos, oxidativos, de aminas biógenas y sensoriales durante 20 días de maduración. Los resultados mostraron que la mayor acidificación se alcanzó a 30 °C, con un pH final de 4.58 al día 12 y 4.90 al día 20, acompañado de una reducción de 1.57 unidades en los primeros 4 días, además de presentar el recuento más alto de bacterias lácticas (10.41 log CFU/g)

como indicador de la producción de ácido láctico y el menor crecimiento de bacterias de deterioro (5.15 log CFU/g). En cuanto a oxidación lipídica, los valores de TBARS fueron más bajos en las muestras con *L. plantarum* a 30 °C (0.53 mg MDA/kg) en comparación con las elaboradas con cultivo comercial (1.85 mg MDA/kg). Asimismo, la formación de aminas biógenas se redujo significativamente, con niveles de cadaverina de 5.95 mg/kg frente a 16.34 mg/kg en el control, y las pruebas sensoriales evidenciaron mayor aceptación en olor, sabor y aceptabilidad en las salchichas fermentadas con *L. plantarum* a 30 °C ($p < 0.05$). Los autores concluyeron que *L. plantarum* KACC 92189 es un cultivo iniciador prometedor por su capacidad acidificante, su efecto inhibitorio sobre microorganismos indeseables y la mejora de las características sensoriales, siendo 30 °C la temperatura más adecuada para obtener embutidos de alta calidad.

Según Purriños et al. (2013), llevaron a cabo una investigación con el objetivo de caracterizar las propiedades fisicoquímicas y sensoriales de embutidos crudo-curados elaborados con carne de cerdo celta, centrándose en productos tradicionales como el lomo embuchado, el chorizo gallego y el salchichón. La metodología se basó en la producción piloto de estos embutidos siguiendo los procesos tradicionales de salazón, adobado, embutido y maduración, evaluando parámetros de composición, propiedades fisicoquímicas, oxidación lipídica y atributos sensoriales mediante un panel entrenado. Los resultados para el lomo embuchado mostraron un contenido de humedad de 34.04 %, grasa de 15.04 % y proteína de 39.95 %, con un pH de 5.80, actividad de agua de 0.84 y baja oxidación (TBARS 0.34 mg MDA/kg), destacando su elevada calidad nutricional y aceptable dureza (11.25 kg). En el chorizo gallego, se obtuvo un 18.07 % de humedad, 46.28 % de grasa, 27.26 % de proteína y un pH de 5.84, además de valores bajos de oxidación (0.49 mg MDA/kg), mientras que en el salchichón gallego los valores fueron 27.71 % de humedad, 36.07 % de grasa, 24.53 % de proteína y un pH de 5.67, con mayor oxidación (0.74 mg MDA/kg). En cuanto al análisis sensorial, los productos fueron bien valorados en atributos como aroma, jugosidad y sabor característico, con predominio del aroma especiado en el chorizo y del flavour en el salchichón. Los autores concluyeron que los embutidos de cerdo celta presentan excelente calidad nutricional, estabilidad tecnológica y alta aceptación sensorial, lo que confirma su potencial de valorización como productos tradicionales diferenciados.

Mata (1999), desarrolló una investigación cuyo objetivo fue evaluar el empleo de fermentos lácticos como cultivos iniciadores en la fabricación de embutidos curados, con el fin de mejorar la seguridad microbiológica, estandarizar el proceso y optimizar las características fisicoquímicas y sensoriales. La metodología consistió en la elaboración de diferentes lotes, incluyendo controles y tratamientos con cultivos comerciales, a los que se les realizaron análisis microbiológicos, fisicoquímicos, oxidativos y sensoriales durante la maduración. Los resultados evidenciaron que los embutidos inoculados alcanzaron un pH de 5.2 en tan solo 3 días, mientras que en los controles este descenso se produjo entre los días 9 y 16, registrándose valores mínimos de pH entre 5.16 y 5.25. Paralelamente, la concentración de ácido láctico fue significativamente mayor en los lotes inoculados, con valores aproximados de 6 mmol/100 g s.s. Además, la flora láctica superó los 10^8 UFC/g, asegurando el predominio de microbiota beneficiosa, mientras que enterobacterias, coliformes y enterococos se redujeron de forma significativa ($p < 0.001$). En cuanto a oxidación lipídica, los valores de TBA se incrementaron de 0.19–0.30 mg MDA/kg al inicio a 0.70–0.90 mg MDA/kg al final de la maduración. A nivel sensorial, la aceptabilidad global fue similar entre tratamientos, con puntuaciones de 5.86–6.00 puntos en los lotes inoculados frente a 6.59 puntos en el control, sin diferencias significativas. Además, para un fuet tradicional calibre 32–36 mm, se busca que alcance una pérdida de % en peso del 35 ± 5 , esto asegura que el producto tenga la consistencia firme y la seguridad deseada (a_w alrededor de 0.88 – 0.90), si la pérdida es menor a 25 – 28 %, el fuet puede quedar blando y con riesgo microbiológico; y si supera el 45 %, puede quedar demasiado duro y seco, con defectos de aceptabilidad sensorial. La autora concluyó que el uso de fermentos lácticos acelera la acidificación y la producción de ácido láctico, mejora la estabilidad microbiológica e higiénica y garantiza la seguridad de los embutidos curados, consolidándose como una alternativa eficaz para la bioconservación, aunque sin ventajas claras en la aceptabilidad sensorial frente al control.

2.2. MARCO TEÓRICO

2.2.1. Elaboración de embutidos cárnicos fermentados-curados

De acuerdo con la Norma INEN 1338, un producto cárnico crudo curado se somete a la acción de sales de curado y se madura a través de fermentación o acidificación, para posteriormente poder ser cocido, ahumado o secado. En este proceso, la estabilidad de los productos se logra mediante la disminución del pH, resultado de la

fermentación provocada por cultivos iniciadores. La utilización de nitritos y nitratos ayuda a prevenir la proliferación de microorganismos patógenos en los embutidos.

Estos embutidos se elaboran con carne fresca que tiene un pH entre 5,6 y 6. El proceso no implica calor, sino que se lleva a cabo mediante fermentación en cámaras donde se controla la temperatura y la humedad relativa. Ejemplos de estos embutidos incluyen el jamón serrano o ibérico, así como productos como salchichón, chorizo y fuet.

Los embutidos picados fermentados se preparan mezclando carne de cerdo, grasas picadas, sal, agentes de curado, azúcares, especias y aditivos permitidos. La sal juega un papel fundamental en la prevención del crecimiento de microorganismos patógenos, además de contribuir a la reducción de la actividad de agua y realzar el sabor. El nitrito y nitrato, por su parte, evitan el desarrollo de microorganismos dañinos en el embutido, mientras que el ascorbato colabora en el proceso de curado y mejora el color del producto. Las especias, no solo intensifican el sabor, sino que también actúan como agentes antimicrobianos (Ruiz & Barbosa, 2001).

2.2.2. Elaboración de productos crudos-curados

Los productos que se elaboran a partir de carne sin aplicarles calor durante el proceso de fabricación se conocen como productos cárnicos crudos-curados. De acuerdo con Valdez Narváez (2020), estos alimentos pueden ser descritos como aquellos que "están fabricados a partir de carnes, grasas y otros componentes alimentarios que, durante su proceso de transformación, ya sea que no reciban ningún tratamiento especial o que sean sometidos a procedimientos de salazón, maduración y opcionalmente fermentación, secado al aire, marinado o técnicas de procesamiento que no involucran temperatura, generan características de sabor y aroma particulares así como la propiedad de conservarse a temperatura ambiente sin refrigeración". Otra forma de entender estos productos es como aquellos que "se someten a un procedimiento de salado y período de maduración y curado, lo cual es suficiente para conferirles sus atributos organolépticos típicos y la capacidad de mantenerse estable sin frío, pudiendo opcionalmente someterse a un tratamiento de humo". La variedad de alimentos incluidos en esta clasificación es considerable, comprendiendo tanto productos en los que se puede identificar la estructura original de la carne, tales como jamón serrano y cecina, como productos transformados y embutidos, incluyendo chorizos, salchichones y sobrasadas. En el contexto

internacional, particularmente en países con larga tradición en este tipo de elaboraciones, estos productos constituyen un patrimonio gastronómico significativo, muchos de los cuales cuentan con certificaciones de calidad y origen como Denominación de Origen Protegida o Indicación Geográfica Protegida, reconocimiento que se otorga en virtud de sus metodologías ancestrales, materias primas específicas y características ambientales particulares del territorio donde se producen.

2.2.3. Fermentación de productos crudos-curados

La fermentación en productos crudo-curados involucra la producción de ácido láctico y ácidos orgánicos. Este proceso se lleva a cabo en dos etapas: la primera etapa consiste en la glucólisis y, en la segunda etapa, se genera el ácido láctico. Los microorganismos responsables de la fermentación tienen la función de inhibir la presencia de microorganismos patógenos. Se lleva a cabo a una temperatura controlada de 12 a 24 °C, manteniendo un riguroso control de la humedad y la temperatura (Ospina & Restrepo, 2011).

Se indica que una vez que la mezcla está embutida, se inicia el proceso de fermentación colgando los embutidos en cámaras específicas donde se controla la humedad relativa y la temperatura. La introducción de cultivos probióticos en estos productos fermentados es esencial, ya que no solo mejora las características sensoriales del producto, sino que también añade un valor nutricional adicional para los consumidores. La temperatura óptima para este proceso de fermentación puede oscilar entre 22 y 26 °C durante un período de 12 a 14 horas.

2.2.4. Curado como parte del proceso

El color rojo distintivo en el embutido se logra a través de sales curantes, como el nitrato, que desencadenan enlaces químicos y actúan como estabilizadores de la mioglobina. Los nitritos, de acuerdo con Flores y Duarte (2016), pueden ser reemplazados por microorganismos probióticos. Estos microorganismos ayudan a reducir el pH y contribuyen a desarrollar las características sensoriales deseadas en el producto final.

2.2.5. Maduración de embutidos

La maduración es fundamental para desarrollar las características sensoriales específicas del embutido. Este proceso se divide en dos fases: en la primera etapa,

se producen actividades reproductoras y metabólicas de los microorganismos, generando diferentes ácidos grasos, como los lácticos y pirúvicos. En la segunda fase, estos ácidos grasos se descomponen y transforman, lo que da origen a un aroma característico del producto.

La maduración es una fase crítica en la fabricación de embutidos, ya que la mezcla está fresca y es altamente susceptible a la proliferación de microorganismos patógenos. Durante esta etapa, se produce el enrojecimiento del producto, desde el interior hacia el exterior, gracias a la formación de nitro pigmentos derivados de la acción de microorganismos reductores sobre los nitratos. También se desarrollan bacterias ácido-lácticas, que luego se convierten en la flora dominante, contribuyendo a la acidificación del producto. Este proceso modifica las propiedades funcionales de las proteínas y reduce la capacidad de retención de agua, facilitando así el proceso de desecación. La acidificación actúa como protección contra microorganismos patógenos al reducir el pH del embutido (Naiara, 2018).

El proceso de maduración se lleva a cabo a diferentes temperaturas: bajas (de 5 a 15 °C), medias (de 15 a 22 °C) y altas (de 22 a 27 °C). Se destaca que temperaturas más elevadas aceleran los procesos químicos y microbiológicos, lo que resulta en una maduración más rápida. No obstante, los embutidos madurados a temperaturas bajas tienden a tener mejores características sensoriales y una vida útil prolongada. Las cámaras de maduración en la industria de embutidos se utilizan para controlar la temperatura, humedad relativa y ventilación con el fin de garantizar la calidad del producto.

Tras el período de maduración en las salas especializadas, los embutidos se trasladan a salas de desecado cuya duración depende del tipo y tamaño del embutido. Este proceso busca la pérdida de peso para obtener las características sensoriales deseadas. La temperatura en los secaderos debe mantenerse entre 10 y 17 °C para evitar la formación de cavidades internas o el deterioro del producto, mientras que la humedad relativa varía de 65 a 80 %, dependiendo del tipo de embutido. Es esencial que los productos permanezcan en oscuridad y colgados para evitar el enranciamiento de las superficies. El espacio entre los embutidos al colgarlos es crucial para permitir una ventilación adecuada, ya que la falta de ventilación puede provocar acumulación de humedad y moho en la superficie.

2.2.6. Clasificación de embutidos fermentados

La Tabla 1 detalla la clasificación de los diferentes tipos de embutidos.

Tabla 1. Clasificación de los embutidos crudos-curados

Producto	Definición
Cecina	Se elaboran a partir de los cuartos traseros o delanteros del cerdo, se someten a salazón y a un proceso de fermentación adecuado para obtener las características sensoriales deseadas.
Jamón y paletas curados	Estos embutidos se producen a partir de las extremidades posteriores e inferiores del cerdo. Experimentan un proceso de salazón, se les añaden especias y aditivos, y luego se someten a fermentación para adquirir las características sensoriales deseadas.
Otras piezas cárnicas	Producidos a partir de piezas de carne con grasas anatómicamente identificables, pasan por salazón y luego por un proceso de curado y maduración para adquirir las características sensoriales deseadas. Esto da origen a productos como panceta curada, tocino, panceta, lomo embuchado, entre otros.
Chorizos	Elaborados a partir de una mezcla de carne y grasa, generalmente de cerdo, se someten a salazón, aditivos y se embuten en tripas naturales o artificiales.
Salchichón	Hechos con carne y grasa, comúnmente de cerdo u otros animales, pasan por salazón y se les añade pimienta junto con otros condimentos y aditivos. Posteriormente, se embuten en tripas naturales o artificiales, se curan y, opcionalmente, se someten a ahumado. El ahumado les otorga aromas y sabores característicos. Dentro de este grupo se encuentran variedades como el fuet, salchichón de Málaga y salami.
Sobrasada	Elaborados con carne, tocino y grasa de cerdo, así como posiblemente grasas de otros animales, pasan por un proceso de picado y se condimentan con pimentón, sal y especias. Se embuten en tripas naturales o artificiales y se someten a un proceso de curado y maduración. Tienen una apariencia marmórea rojiza, destacando en sabor y aroma el pimentón. Opcionalmente, pueden ser ahumados para mejorar sus características sensoriales.
Otros embutidos desecados	Producidos principalmente con carne de cerdo, tocino y grasa, aunque pueden incluir carne y grasas de otros animales, se condimentan con sal y especias. Se embuten en tripas naturales o artificiales y se someten a un proceso de maduración, presentando un aspecto rojizo que evidencia las partículas de tocino.

Fuente. (Gómez, 2011)

El fuét pertenece a esta clasificación, en los productos de salchichón, siendo un subproducto derivado de este tipo de embutidos.

2.2.7. Factores que afectan la calidad de los embutidos crudos-curados

De acuerdo con Prieto y Carballo (1997) sobre los factores que influyen a los embutidos crudo-curados son los siguientes:

- **Embarreamiento.** Se produce por la ruptura de células grasas, generando el desprendimiento de grasas sobre la pasta, lo que da un aspecto grasoso y pálido al embutido. Las causas principales incluyen la adición de grasas blandas, altas temperaturas de la carne y equipos de procesamiento en mal

estado. El color se vuelve más pálido y grasoso, y en embutidos de calibre pequeño se puede corregir con la aplicación de paprika.

- **Problemas de nitrificación.** Se manifiestan con coloraciones verde y gris debido a la reacción del óxido nítrico con oxígeno, generando dióxido de nitrógeno, lo que produce un color verde en la superficie. Además, la oxidación de los pigmentos de curado también puede causar un color gris. Para evitar estos problemas, se debe mantener la humedad y usar cultivos microbianos adecuados. La aplicación de antioxidantes puede prevenir estas coloraciones.
- **Coloración grisácea en lonchas.** Se debe a la presencia de embutidos envasados en atmósferas modificadas, lo que genera oxidación en el producto. Para evitarlo, se recomienda reducir las concentraciones de oxígeno.
- **Crecimiento indeseado de mohos.** En embutidos crudo-curados, el crecimiento de mohos es deseado previo a una siembra de esporas de *Penicillium* para evitar la proliferación de microorganismos. Si no se ha realizado esta siembra, puede generarse el crecimiento de flora salvaje, lo que produce un aroma desagradable.
- **Manchas negras.** Producidas por mohos como *Cladosporium herbarum* debido a la acción del microorganismo en un medio aerobio. Las buenas prácticas de fabricación son clave para prevenir este problema.
- **Presencia de ácaros.** Aunque no hay un método específico para eliminar este problema, se recomienda realizar un proceso de limpieza y desinfección adecuado antes de la elaboración del embutido.
- **Agujeros, encostrado y arrugado.** Los agujeros son generados por un mal proceso de embutido y la formación de gases por bacterias, mientras que el encostrado y la coloración violeta se deben a factores de pH y bacterias específicas. El arrugado se produce por un mal proceso de embutido.
- **Problemas de textura.** Estos pueden incluir encostrado, falta de ligado y gomosidad, generados por diferentes razones como resequedad, errores en el proceso de ligado y uso de carnes muy magras.
- **Problemas de sabor y olor.** Incluyen problemas de flavor, rancio, olores florales, a amoníaco, a queroseno, a tripa, a excremento y a viejo, cada uno con sus

causas específicas relacionadas con las características y los procesos de fabricación.

2.2.8. Cultivos Iniciadores en la industria cárnica

2.2.8.1. Cultivos iniciadores

Los cultivos iniciadores son microorganismos fundamentales en el proceso de fermentación de embutidos cárnicos crudo-curados. Estos cultivos no solo evitan la multiplicación de microorganismos patógenos, sino que también contribuyen significativamente a mejorar las características sensoriales del producto final. En la industria cárnica, la implementación de cultivos iniciadores resulta beneficiosa tanto para el proceso de elaboración como para los consumidores.

La principal ventaja de utilizar estos cultivos es su capacidad para inhibir la proliferación de microorganismos dañinos, lo que garantiza la conservación del producto. Además, al participar en el proceso de fermentación, estos cultivos desempeñan un papel crucial al transformar y mejorar las propiedades organolépticas del embutido, lo que incluye su sabor, aroma y textura, lo que contribuye a la calidad final del producto (Ruiz & Barbosa, 2001).

2.2.8.2. Bacterias que se utilizan como cultivos iniciadores en la industria cárnica

En la tabla 2 se muestra los microorganismos que se utilizan ampliamente en la industria cárnica.

Tabla 2. Cultivos indicadores de especies que se utilizan para la fermentación

Microorganismo	Iniciadores
Levaduras	<i>Debaryomyces hansenii</i> , <i>Candida famata</i> .
Bacterias ácido lácticas	<i>Lactobacillus plantarum</i> , <i>Lactobacillus pentosus</i> , <i>Lactobacillus sake</i> , <i>Lactobacillus curvatus</i> <i>Pediococcus pentosaceus</i> , <i>Pediococcus acidilactici</i> .
Micrococáceas	<i>Staphylococcus carnosus</i> , <i>Staphylococcus xylosus</i> , <i>Micrococcus varians</i> .
Mohos	<i>Penicillium nalgiovensis</i> , <i>Penicillium crysogenum</i> .

Fuente. (Rodríguez, 2019).

2.2.8.3. Función de las Bacterias Ácido-Lácticas (BAL) en la Elaboración de Embutidos Crudo-curados

Las Bacterias Ácido-Lácticas (BAL) desempeñan un papel vital en el proceso de fermentación de embutidos. Su relevancia principal radica en la transformación de los azúcares presentes en la carne, generando ácido láctico. Este ácido desempeña un rol esencial al disminuir el pH de la carne, factor crucial para coagular las proteínas

fibrilares y lograr la cohesión del producto final, aportando firmeza al momento del corte (Naiara, 2018).

Además, las BAL contribuyen a la singularidad en el sabor de los embutidos al crear compuestos aromáticos, como ácido acético, ácido fórmico y ácido succínico. Asimismo, facilitan la conversión espontánea de nitritos a óxido nítrico, interactuando con la mioglobina para producir nitrosa mioglobina, responsable del característico tono rosado en embutidos curados. Por último, estas bacterias inhiben la propagación de patógenos mediante la producción de ácidos orgánicos y otros metabolitos antimicrobianos, incluyendo peróxido de hidrógeno, diacetilo y péptidos como las bacteriocinas.

2.2.9. BAL como Probióticos

Durante mucho tiempo, las BAL se han estudiado por su potencial probiótico, ofreciendo ventajas para la salud del huésped al ser administradas en cantidades y condiciones apropiadas. Los beneficios de los probióticos están estrechamente ligados a la cepa o especie, la dosis y la viabilidad de las bacterias ingeridas. Estos beneficios han estado asociados principalmente con la salud del tracto gastrointestinal (TGI), el sistema inmunológico, y recientemente, con el síndrome metabólico, la obesidad, la diabetes, enfermedades cardiovasculares, así como actividades psicotrópicas a través del eje intestino-cerebro y efectos anti mutagénicos o anticancerígenos.

2.2.9.1. Probióticos y su Supervivencia: un Desafío Significativo

A pesar de sus múltiples beneficios para la salud, la aplicación de probióticos se ve limitada debido a la reducción de la viabilidad de las células probióticas durante su procesamiento, almacenamiento y entrega al tracto gastrointestinal. En este sentido, la microencapsulación surge como una opción para preservar la estabilidad de estos cultivos (Cavalheiro et al., 2015).

Este proceso consiste en encapsular microorganismos en diminutas cápsulas, protegiéndolos físicamente con una matriz y conservando sus propiedades biológicas y fisicoquímicas (Benita, 2005). Esta barrera funcional evita la degradación de los probióticos, asegurando una mayor viabilidad (Yao et al., 2020).

La tecnología de microencapsulación se perfila como una alternativa prometedora para mejorar la entrega de probióticos al protegerlos de factores ambientales y

fisiológicos, facilitando su llegada al colon y preservando sus propiedades esenciales. Los materiales de encapsulación juegan un papel clave en la supervivencia de estas bacterias, y diversos métodos se han propuesto para la producción de microcápsulas (Yáñez et al., 2002), siendo el secado por aspersión el método más utilizado a nivel industrial, aunque persisten desafíos en la viabilidad de cepas probióticas, especialmente aquellas más sensibles.

2.2.9.2. Probióticos en Alimentos Cárnicos

Los probióticos, que incluyen cepas de microorganismos beneficiosos, son fundamentales en la elaboración de alimentos cárnicos. Su aporte a la salud y la cantidad exacta aplicada son cruciales para asegurar sus beneficios en el organismo (Díaz & Yeny, 2022).

2.2.10. Fermentación y maduración de un producto cárnico-crudo con el microorganismo iniciador *Lactobacillus plantarum*

Según Ruiz y Barboza (2001) sobre el proceso de fermentación y maduración argumenta que se debe controlar la temperatura y humedad relativa en los valores de 25 °C y 85 % HR, para dar inicio al proceso, el producto deberá estar bajo estos parámetros por 6 días.

Luego la temperatura será bajada a 15 °C y la humedad entre 60-65 % aproximadamente, para iniciar la etapa de maduración, esto se trata de la pérdida de humedad y adquisición de sabor, olor y aromas característicos de este tipo de embutido, se debe mantener estos estándares por 14 días.

Después, se aumentó la temperatura a 25 °C en la tercera semana y esta se debe aumentar hasta que llegue a los 35 °C hasta llegar a la última semana con una humedad relativa entre 60-65 %, ahí termina el proceso de maduración. Luego de esto pasa a refrigeración.

2.2.11. Características del embutido Fuet

Según el Ministerio de la Presidencia de España (2014), el embutido fuet se produce con carne de cerdo y grasa, aunque a veces se reemplaza la carne de cerdo por otras carnes y grasas de animales diversos. El picado de la carne puede ser fino o grueso, y se emplean condimentos como la pimienta, además de otros. Durante su elaboración, se mezclan y embuten en tripas naturales o artificiales. Opcionalmente, se pueden ahumar para mejorar su sabor. Los fuet son delgados, con un diámetro de

entre 22 a 40 mm, lo que permite un secado rápido y apropiado para su conservación. En la fase de secado, se generan transformaciones químicas y físicas cruciales para la elaboración de embutidos crudo-curados (Rubio, 2014).

2.2.11.1. Ingredientes del Embutido Fuet

Materias primas. La carne, generalmente de cerdo, es crucial para la elaboración del embutido. Sus características, como el pH, la acidez y la retención de agua, son fundamentales. La grasa también desempeña un papel vital para mejorar las cualidades organolépticas del producto final.

Condimentos y especias. La sal, junto con otros condimentos como ajo, pimienta, tomillo y paprika, contribuyen a las características sensoriales del embutido. La sal no solo mejora el sabor, sino que también favorece la conservación y la solubilización de las proteínas.

Aditivos. Los aditivos se incorporan para alterar las características del producto y su conservación. En los embutidos tipo fuet, se utilizan conservantes como nitrito y reguladores de maduración, como azúcares, siguiendo las dosis permitidas por la legislación.

Cultivos iniciadores. Los cultivos iniciadores, como *Lactobacillus plantarum* o *Pediococcus pentasaceus*, son fundamentales en la fermentación del embutido fuet, aportando características particulares y mejorando la maduración y el sabor.

Tripas. Las tripas, ya sean naturales o artificiales, con un calibre específico, se emplean para embutir la masa. Su limpieza y desinfección adecuadas son vitales en el proceso. Para elaborar embutidos madurados, esta tripa debe tener la característica de ser semipermeable, de esta manera ayuda a la deshidratación del embutido, ya que promueve la ventilación y la salida de humedad en condiciones adecuadas.

2.2.11.2. Proceso de Elaboración del Embutido Fuet

En la elaboración del fuet, la recepción de las materias primas es crucial, seguida del picado de la carne y la mezcla con aditivos y cultivos iniciadores. Tras el reposo, se procede al embutido en tripas naturales o artificiales a bajas temperaturas. La etapa de fermentación, que controla el pH y agrega esporas del hongo *Penicillium*, es esencial para evitar la proliferación de microorganismos no deseados.

Posteriormente, los productos se secan y fermentan en cámaras climatizadas (Pardo & Tarjuelo, 2023).

2.2.11.3. Características de Calidad del Embutido Fuet

En la evaluación de la calidad del fuet, se consideran aspectos como la fermentación y el secado, además de un análisis fisicoquímico que incluye factores como la actividad de agua, el pH, la humedad y otros metabolitos (Pardo & Tarjuelo, 2023).

La calidad se evalúa con pruebas sensoriales que consideran aspectos como el olor, color, sabor y textura del embutido. La consistencia, el aspecto visual y la apreciación del sabor son fundamentales para la aceptación del producto (Pardo & Tarjuelo, 2023).

2.2.12. Carne de raza Yorkshire

Los cerdos de la raza Yorkshire gozan de una reputación destacada en la industria porcina debido a su carne magra y tierna, características que los convierten en una elección altamente apreciada. Esta distinción se atribuye en parte al excelente veteadado presente en su carne, un factor que no solo contribuye a su ternura sino también a su jugosidad. Además de su textura, la carne de los cerdos Yorkshire es elogiada por su sabor suave, lo que la hace increíblemente versátil y adecuada para una amplia gama de preparaciones culinarias. Un aspecto adicional que añade atractivo a esta carne es su distintivo color rosa pálido, una cualidad considerada altamente deseable en el mundo de la carne de cerdo (Zhongyang & Xiaoling, 2021).

III. METODOLOGÍA

3.1. ENFOQUE METODOLÓGICO

3.1.1. Enfoque

El estudio adoptó un enfoque mixto al abordar datos para responder a las preguntas de investigación. Se utilizaron mediciones numéricas y análisis estadísticos para identificar los patrones de comportamiento en productos cárnicos con cultivos iniciadores. Este método permitió una comprensión más clara. Además, se obtuvieron resultados fisicoquímicos durante el proceso de maduración del producto final.

3.1.2. Tipo de Investigación

Se llevó a cabo un tipo de investigación experimental para desarrollar formulaciones de embutido similar al fuet, buscando obtener atributos sensoriales óptimos. Se investigó el impacto de la concentración del cultivo iniciador *Lactobacillus plantarum*, variando temperaturas de maduración en un diseño repetido tres veces. Por la limitada información sobre probióticos en embutidos, se adoptó un enfoque exploratorio, de la mano con el estudio descriptivo para identificar y describir características sensoriales y fisicoquímicas por la introducción del probiótico en el embutido tipo fuet.

3.2. HIPÓTESIS

Hipótesis nula (H₀). El tipo de cultivo iniciador y las temperaturas no influyen en las características fisicoquímicas, sensoriales y tiempos de fermentación de un embutido crudo-curado tipo fuet.

Hipótesis alternativa (H₁). El tipo de cultivo iniciador y las temperaturas influyen en las características fisicoquímicas, sensoriales y tiempos de fermentación de un embutido crudo-curado tipo fuet.

3.3. DEFINICIÓN Y OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES

3.3.1. Definición de las variables

En el contexto de este proyecto de investigación sobre la determinación de los parámetros de fermentación en la elaboración de un embutido tipo fuet, se identificaron las siguientes variables.

Variable Independiente:

Porcentaje del cultivo iniciador (*Lactobacillus plantarum*)

- 0.02 %
- 0.04 %

Temperatura en el proceso de maduración

- 8 °C
- 12 °C

Variables Dependientes:

Atributos sensoriales:

- Color
- Sabor
- Olor
- Textura

Propiedades fisicoquímicas:

- pH
- Pérdida de peso
- Grasa total
- Acidez titulable
- Humedad
- Actividad de agua
- Ceniza
- Proteína

3.3.2. Operacionalización de las variables

En la Tabla 3 se presenta la operacionalización de las variables que se llevó a cabo en la investigación.

Tabla 3. Operacionalización de las variables

Variables independientes	Dimensión	Indicadores	Técnica	Instrumento
Porcentaje del cultivo indicador	Cantidad del cultivo iniciador porcentaje	0.02 % <i>Lactobacillus plantarum</i> 0.04 % <i>Lactobacillus plantarum</i>	Recuento de microorganismos iniciales en la producción de embutidos en fermentación (Ruiz & Barbosa, 2001)	Recuento de microorganismos iniciales en la producción de embutidos en fermentación (Ruiz & Barbosa, 2001)
Temperatura de maduración	Grados centígrados °C	8 12	(Prieto & Carballo, 1997)	Artículo científico (Prieto & Carballo, 1997)
Variables dependientes				
Características fisicoquímicas	Cantidad de proteína	> 14%	Determinación por Kjeldahl	NTE INEN 781
	Pérdida de peso	> 30%	Gravimetría	INEN 464
	Grasa total	>30%	Determinación por Soxhlet	NTE INEN 778
	Acidez titulable	>0.8 %	Determinación ácido láctico por titulación	NTE INEN 1338
	Ceniza	<5%	Calcinación por mufla	NTE INEN 786
	Humedad	<35%	Desecación por balanza infrarroja	NTE INEN 1338
	Actividad de agua	≤0,92	Aw meter	NTE INEN 1338
	pH	<5.6	Potenciómetro	NTE INEN 783
Caracterización sensorial del fuet	Atributos sensoriales	Color Olor Sabor Textura Aceptabilidad	Prueba afectiva de escala hedónica de 5 puntos	Prueba de aceptación

3.4. MÉTODOS UTILIZADOS

3.4.1. Métodos

3.4.1.1. Diseño experimental

En la Tabla 4 se presentan las variables y tratamientos para la elaboración de embutido tipo fuet.

Tabla 4. Diseño experimental

Variable	Descripción	Variable	Definición
A	Porcentaje del cultivo iniciador (<i>Lactobacillus plantarum</i>)	A1	0.02 %
		A2	0.04 %
B	Temperatura de fermentación	B1	8 °C
		B2	12 °C

La Tabla 5 indica el esquema experimental usado en la investigación.

Tabla 5. Esquema experimental

Tratamiento	Esquema del experimento	R	Cantidad de producto
T1	Cultivo iniciador 0.02 % + temperatura de fermentación de 8 °C	3	1 kg
T2	Cultivo iniciador 0.02 % + temperatura de fermentación de 12 °C	3	1 kg
T3	Cultivo iniciador 0.04 % + temperatura de fermentación de 8 °C	3	1 kg
T4	Cultivo iniciador 0.04 % + temperatura de fermentación de 12 °C	3	1 kg
Unidades experimentales		12	

3.4.1.2. Formulación del fuet

En la Tabla 6 se detalla las cantidades de cada ingrediente para la elaboración del embutido tipo fuet y su proporción en la mezcla total.

Tabla 6. Formulación del embutido

Ingredientes	Gamos	Porcentaje (%)	Gamos	Porcentaje (%)
Carne magra de cerdo	1000	77.20	1000	77.19
Grasa	250	19.30	250	19.30
Pimienta Negra	4	0.31	4	0.30
Azúcar	2	0.15	2	0.15
Ajo	4	0.31	4	0.31
Nitrito	2	0.15	2	0.15
Tomillo	2	0.15	2	0.15
Sal	20	1.54	20	1.54
Lactobacillus plantarum	0.259	0.02	0.519	0.04
Lactosa	6	0.46	6	0.46
jugo de remolacha	10	0.77	10	0.77
Paprika	1	0.08	1	0.08
Total	1295.259	100	1295.518	100

3.4.1.3. Diagrama de flujo

En la figura 1 se muestra el diagrama de flujo para la elaboración de embutido tipo fuét

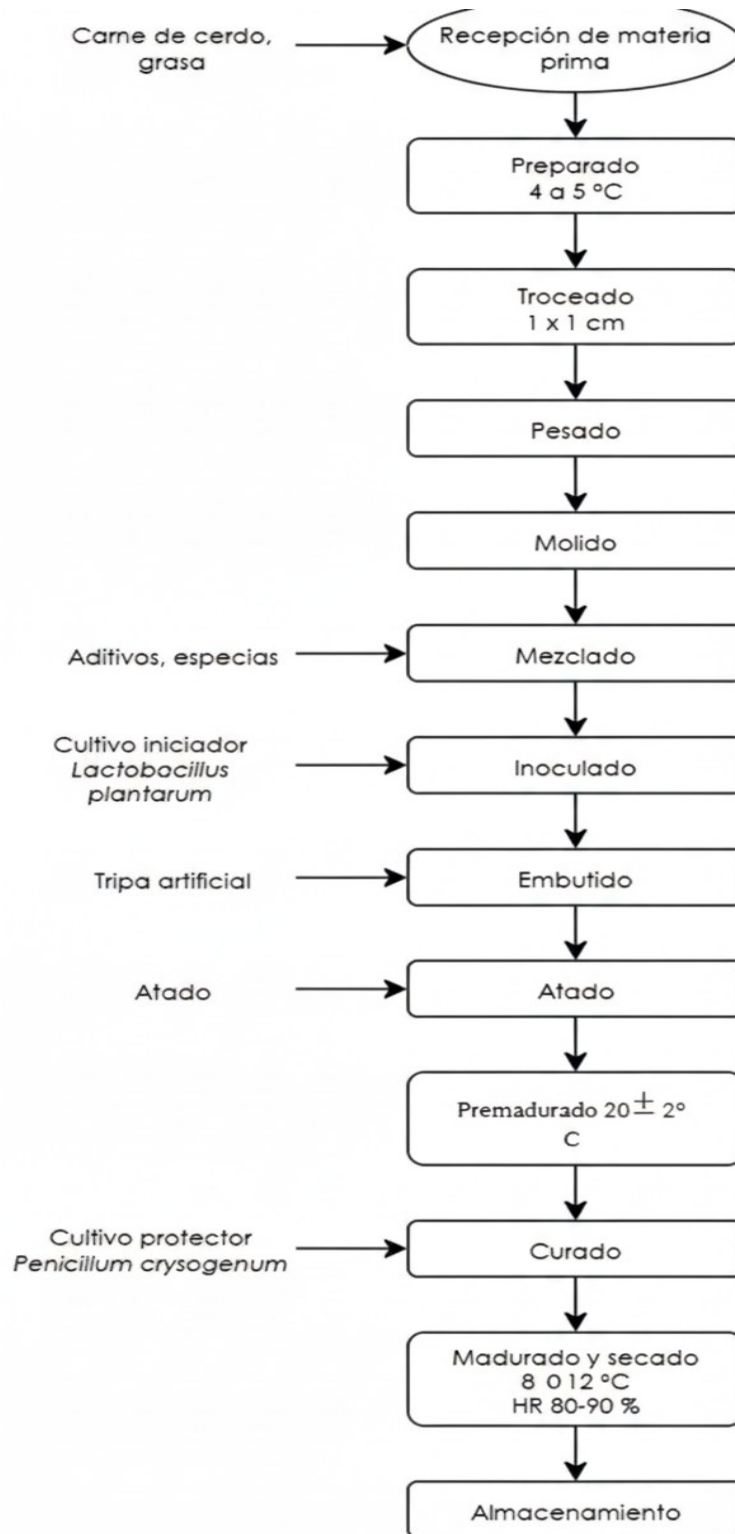


Figura 1. Diagrama de flujo de elaboración del embutido tipo fuét

Descripción del diagrama de flujo de elaboración del embutido tipo fuet utilizando como cultivo iniciador *Lactobacillus plantarum*

Recepción de materia prima. El cerdo yorkshire fue comprado a un productor local y faenado en un matadero municipal de la ciudad de Tulcán, sector Julio Andrade que cumple con las normativas de seguridad e higiene. La temperatura de la materia prima se mantendrá entre 4 y 5 °C para garantizar su frescura. Los aditivos se compraron en el Supermaxi, los cuales cuentan con registro sanitario. Los cultivos iniciadores se los adquirió por medio de la plataforma Amazon, los cuales se trasladaron en contenedores que aseguraron que no se pierda la cadena de frío y contaban con sus fichas técnicas respectivas

Manejo de carne y grasa. La carne se mantuvo congelada a una temperatura de 4 a 5 °C para evitar que las grasas se derritan y prevenir alteraciones en las proteínas. El refrigerado de la carne será una estrategia efectiva para retardar el crecimiento de microorganismos no deseados. Luego se procedió a retirar las impurezas de la carne como venas, nervios y tejidos duros, para asegurar la calidad del embutido.

Troceado de carne y grasa. La carne y la grasa se cortaron en cubos de aproximadamente 1 cm x 1 cm.

Molienda. La carne y la grasa se molieron, manteniendo la materia prima a una temperatura de 4 a 5 °C. El proceso de molienda se llevó a cabo a revoluciones bajas para evitar el calentamiento de la mezcla y prevenir una molienda deficiente, lo que podría ocasionar pérdida de exudados y problemas en el proceso de maduración. El molino que se utilizó es el modelo M-12-FS, que tiene una potencia de 3/4 HP y una capacidad de 3.3 kg/min de la marca Torrey.

Pesado de ingredientes. Los ingredientes se pesaron siguiendo la fórmula ajustada, que para cada kilogramo de carne magra de cerdo incluirá 0.25 kg de grasa, 0.02 kg de sal, 0.006 kg de lactosa, 0.01 kg de jugo de remolacha, 0.004 kg de pimienta negra, 0.002 kg de azúcar, 0.004 kg de ajo, 0.002 kg de tomillo, 0.001 kg de paprika y 0.002 kg de nitrito. El cuál se pesó en una balanza analítica OHAUS modelo ARC-120, con precisión de 0,01 g.

Mezclado. Una vez molida la carne, se incorporaron los aditivos en orden secuencial: pimienta negra, jugo de remolacha, azúcar, ajo, tomillo, paprika, lactosa y nitrito. La sal se añadió al principio del mezclado para favorecer la destrucción proteica prematura y preservar la textura del embutido.

Preparación del cultivo. Se pesó el cultivo iniciador en una balanza analítica OHAUS 0,259 y 0,519 g respectivamente, se tomó las muestras de cultivo liofilizados y lo hidratamos con agua purificada y lactosa para facilitar la activación.

Inoculación. Se incorporó el cultivo iniciador a la mezcla, asegurando que esté bien mezclado con la lactosa para favorecer la producción de ácido láctico y manejando los parámetros de la ficha técnica ANEXO 6.

Embutido y atado. Los embutidos se colocaron en tripas artificiales de colágeno comestible corrugada y semipermeable de 33mm de calibre las cuales se compraron en Amazon, asegurando que no queden espacios vacíos y evitando la entrada de oxígeno. Se ataron los extremos de los embutidos con hilos para prevenir la entrada de oxígeno, con un diámetro estimado de 25 cm.

Pre-maduración. Los embutidos se colocaron en una estufa marca GRAM ST 10 a una temperatura de $25 \pm 2^\circ\text{C}$ durante 24 horas para activar los cultivos probióticos.

Curado. Se preparará una solución del cultivo liofilizado Bactofer MOLD-600 (*Penicillium nalgiovense*) siguiendo las especificaciones de la ficha técnica ANEXO 6. Esta solución se aplicó a los embutidos con un atomizador para desarrollar una flora benéfica que prevenga el crecimiento de hongos patógenos.

Maduración y secado. De acuerdo con los tratamientos establecidos en el diseño experimental, los embutidos se colgaron en una cámara de maduración a una temperatura de 8 o 12 °C, manteniendo una humedad relativa de $82 \pm 2 \%$, en condiciones oscuras para evitar enranciamiento de las grasas de la capa superficial que se puede ocasionar por la exposición a la luz. Se colocaron separados para garantizar una buena ventilación y controlar la humedad. Se retiraron los productos de la cámara una vez que se verificó la pérdida del peso en aproximadamente el 30 % del peso inicial.

Almacenamiento. Los productos finales se almacenaron a una temperatura de 4 a 5 °C para su conservación

3.4.2. Técnicas de análisis fisicoquímicos

3.4.2.1. Pérdida de peso

Método Conforme a la Norma INEN 464

- Se toma la muestra del área de maduración.

- La muestra se pesa en una balanza analítica.
- Se registra el peso para cada tratamiento.

Para calcular la pérdida de peso, se utiliza la siguiente fórmula

$$\% PP = \frac{w_0 - w_1}{w_0} * 100 \%$$

Donde:

- % PP representa el porcentaje de pérdida de peso.
- w_0 es el peso habitual.
- w_1 es el peso actual.

3.4.2.2. Acidez

Método Conforme a INEN 013

- Se pesan 10 g de la muestra, se licúan con 200 ml de agua destilada y se filtran.
- El filtrado se coloca en un matraz de 250 ml con agua destilada y se completa el volumen.
- Se toman 25 ml de la muestra y se mezclan con 75 ml de agua destilada en un Erlenmeyer de 150 ml.
- La muestra se titula utilizando 3 gotas de fenolftaleína y una solución de hidróxido de sodio al 0.1 N como indicador.
- Se observa el cambio de color.

El porcentaje de ácido láctico se calcula con la siguiente fórmula:

$$\% \text{Ácido láctico} = \frac{v(\text{NaOH}) * \text{meg}(\text{ácido láctico})}{\text{peso de la muestra}} * 100$$

3.4.2.3. Determinación de grasa

Procedimiento de Soxhlet según la Norma INEN 1343

- Se prepara una muestra no mayor a 500 g.
- El matraz debe estar seco y limpio.
- Se pesan 5 gramos de la muestra y se colocan en el matraz con 50 ml de ácido clorhídrico, luego se tapa con un vidrio reloj.
- Se calienta el Erlenmeyer hasta que hierva y se mantiene agitado durante 1 hora; después, se agregan 150 ml de agua.

- Se humedece un papel filtro y se coloca en un embudo para verter el contenido del Erlenmeyer.
- El matraz y el vidrio se lavan con agua caliente tres veces, vertiendo el agua de lavado sobre el papel filtro.
- Se lava el filtro y los residuos con agua caliente, asegurándose de que el papel no cambie de color.
- Se seca el Erlenmeyer, el vidrio reloj y el papel filtro durante una hora en una estufa a 103 ± 2 °C y se enfrían en un desecador.
- Luego, el papel filtro se enrolla y se coloca en el cartucho de extracción; se retira cualquier residuo de grasa del vidrio reloj con un algodón húmedo y se coloca en el cartucho.
- El cartucho se coloca en el aparato y se vierte el solvente de extracción en el matraz del equipo.
- Se lava el matraz y el vidrio reloj con el solvente de extracción y se recoge en el matraz.
- Se calienta el matraz de extracción durante 4 horas en un baño de agua para mantener la ebullición constante.
- Se retira el matraz del aparato y se procede a destilar el solvente.
- El matraz se seca en la estufa durante 1 hora a 103 a 105 °C.
- Finalmente, se saca el matraz de la estufa y se enfría en el desecador.
- Este procedimiento se repite hasta que las muestras no difieran entre sí.

El contenido de grasa se determinará mediante la siguiente fórmula:

$$GT = \frac{m_2 - m_1}{m} * 100$$

Donde:

GT es el contenido de grasa total.

m la masa de la muestra.

m_1 la masa del matraz de extracción, con los núcleos de ebullición, en gamos.

m_2 la masa del matraz de extracción, núcleos de ebullición y grasa extraída, después del secado, en g.

3.4.2.4. Análisis de proteínas

La cuantificación de proteínas se llevó a cabo siguiendo el método de Kjeldahl según la norma INEN 1339, de la siguiente manera:

- Se pesa 1 gramo de la muestra y se muele para introducirla en el tubo de digestión.
- Se agrega 5 g de catalizador de Kjeldahl y 10 mililitros de ácido sulfúrico al 95-98 %.
- El tubo se coloca en el Bloc-digest.
- La digestión se lleva a cabo a 400 °C durante 30 min y luego se deja enfriar a temperatura ambiente.
- Se añaden lentamente 50 ml de agua destilada al tubo y se enfría a temperatura ambiente.
- Se prepara una solución de 25 ml de ácido bórico en un matraz y se añaden 2 a 3 gotas de indicador.
- El matraz se coloca en la alargadera del refrigerante, asegurándose de que quede sumergido en la solución de ácido bórico.
- La muestra del tubo se ubica en la parte izquierda del destilador y se agregan 40 ml de hidróxido de sodio para comenzar la destilación.
- La destilación continúa durante 5 a 10 minutos para obtener al menos 150 ml destilados.
- Se evalúa con ácido clorhídrico al 0.3 N hasta que la solución cambie de verde a violeta.

Se realiza el cálculo siguiendo las fórmulas correspondientes:

$$\% \text{ de nitrógeno} = \frac{1.4 * (v_1 - v_2) * N}{P}$$

$$\% \text{ Proteína} = \% \text{ Nitrógeno} * F$$

Donde:

P es el peso en g de la muestra

V₁ el volumen de HCl consumido en la valoración (ml)

N la normalidad del HCl

V₂ el volumen de HCl consumido en la valoración

F el factor de conversión para pasar de contenido en nitrógeno a contenido en proteínas. La mayoría de las proteínas contienen un 16 % de N₂, de modo que el factor de conversión es 6.25 (100/16 = 6.25), pero se han obtenido empíricamente otros factores de conversión en función de la materia prima utilizada.

3.4.2.5. Análisis de ceniza

Se determinó el contenido de ceniza siguiendo las directrices de la norma INEN 786.

- Un crisol se calienta en la mufla a 525 °C durante 20 min.
- Posteriormente, se enfría en un desecador y se procede a su pesado.
- Se introduce una muestra de 5 g en el crisol ya pesado.
- Se calienta la muestra hasta su carbonización.
- El crisol con la muestra se coloca en la mufla a 525 °C para obtener las cenizas.
- Se retira el crisol de la mufla y se enfría en el desecador.
- Se pesa el crisol con la muestra y se regresa a la mufla durante 30 min.
- Este procedimiento se repite hasta que las dos pesas no difieran en más de 1 mg.

La cantidad de cenizas en la carne se determina mediante la fórmula siguiente:

$$C = \frac{m_2 - m}{m_1 - m} * 100$$

Donde:

C es la cantidad de cenizas en la muestra.

m es la masa del crisol vacío.

m₁ es la masa del crisol con la muestra.

m₂ es la masa del crisol con las cenizas.

3.4.2.6. Determinación de humedad

El análisis de humedad se efectuó empleando una técnica instrumental, con el uso de un analizador de humedad.

- Se realizó el pesaje de 3 a 5 g de la muestra.
- Se dispuso la muestra en el plato de aluminio del equipo.
- Se procedió a programar el dispositivo.
- Se aguardó hasta la activación de la alarma para obtener los resultados.

3.4.2.7. Determinación de pH

La medición del pH se llevó a cabo siguiendo las pautas establecidas en la norma INEN 783.

- Se calibró el potenciómetro utilizando soluciones tampón de pH 4 y pH 7 o agua destilada.
- Se ubicaron los electrodos en un vaso precipitado con el producto triturado previamente.
- Se realizaron lecturas en distintos puntos del producto.
- Se procedió a la limpieza de los electrodos con agua destilada.

3.4.2.8. Actividad de agua

La evaluación de la actividad de agua se desarrolló siguiendo el método propuesto por Cardona (2018).

- Se calibró el equipo utilizando dicromato de potasio, con un valor de a_w de 0.915.
- Se pesaron 5 gramos de la muestra.
- La muestra se dispuso en la cápsula para su medición.
- Se esperó la señal acústica que indicaba la finalización de la medición.

3.5. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

En la presente investigación se aplicó un análisis estadístico enfocado en la identificación del tratamiento óptimo para la elaboración del embutido tipo fuet. Para ello, se utilizó la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis, con el fin de evaluar diferencias significativas entre los tratamientos propuestos en cuanto a atributos sensoriales. Posteriormente, se realizó una comparación de medias para determinar cuál de los tratamientos ofrecía los mejores resultados en términos de aceptabilidad sensorial. Una vez identificado el tratamiento más favorable, se procedió a determinar las características fisicoquímicas mediante valores de media y desviación estándar, lo que permitió describir con precisión el comportamiento del producto final bajo las condiciones óptimas de fermentación y maduración.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. RESULTADOS

4.1.1. Pérdida de peso de los embutidos tipo fuet en el proceso de maduración

Durante el proceso de maduración del embutido tipo fuet, se registró semanalmente la pérdida de peso para los cuatro tratamientos evaluados (T1 a T4), con el fin de monitorear la cinética de deshidratación y determinar el momento óptimo de estabilización del producto. Como se observa en la Tabla 7, todos los tratamientos mostraron una tendencia creciente y progresiva en la pérdida de peso a lo largo de las ocho semanas, lo cual fue coherente con el proceso de secado esperado para embutidos crudo-curados.

Tabla 7. Porcentaje de pérdida de peso por semana

Tratamientos	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8
T1	2.21	7.84	12.47	19.11	24.74	32.37	36.01	41.64
T2	3.75	8.77	12.29	16.46	22.50	30.21	35.42	38.92
T3	2.13	7.45	12.78	18.10	23.43	28.75	34.08	39.40
T4	2.70	7.12	11.83	15.45	21.43	30.52	35.14	37.71

En la primera semana, las pérdidas oscilaron entre 2.13 % (T3) y 3.75 % (T2), reflejando una etapa inicial de deshidratación superficial moderada. Para la cuarta semana, los valores se ubicaron entre 15.45 % (T4) y 19.11 % (T1), evidenciando una pérdida de humedad más acentuada conforme avanzó el tiempo. Entre la sexta y séptima semana, todos los tratamientos superaron el 28 % de pérdida, con el tratamiento T1 alcanzando el valor más alto en la semana 6 (32.37 %).

Al final de la octava semana, la pérdida de peso varió entre 37.71 % (T4) y 41.64 % (T1). Estos valores se ubicaron dentro o cerca del rango óptimo recomendado para embutidos tipo fuet de calibre similar, que según Mata (1999) debe situarse entre 30 y 40 %, con un valor ideal alrededor del 35 ± 5 %. Particularmente, el tratamiento T4 presentó una pérdida final de 37.71 %, que puede considerarse dentro del margen adecuado para garantizar una textura firme, una actividad de agua reducida y una seguridad microbiológica apropiada, sin comprometer la jugosidad y aceptabilidad sensorial.

Durante el proceso de maduración del embutido tipo fuet, se registró la pérdida de peso semanal con el fin de observar cómo evolucionó el secado del producto a lo largo del tiempo. La evaluación se extendió por ocho semanas, y los resultados mostraron una disminución progresiva en el peso. En la Figura 2 se puede ver que la pérdida comenzó con una pérdida de peso progresiva la cual se mantuvo en cada tratamiento, esto nos muestra que la diferencia de temperatura en la maduración no tiene un cambio significativo en la pérdida de peso.

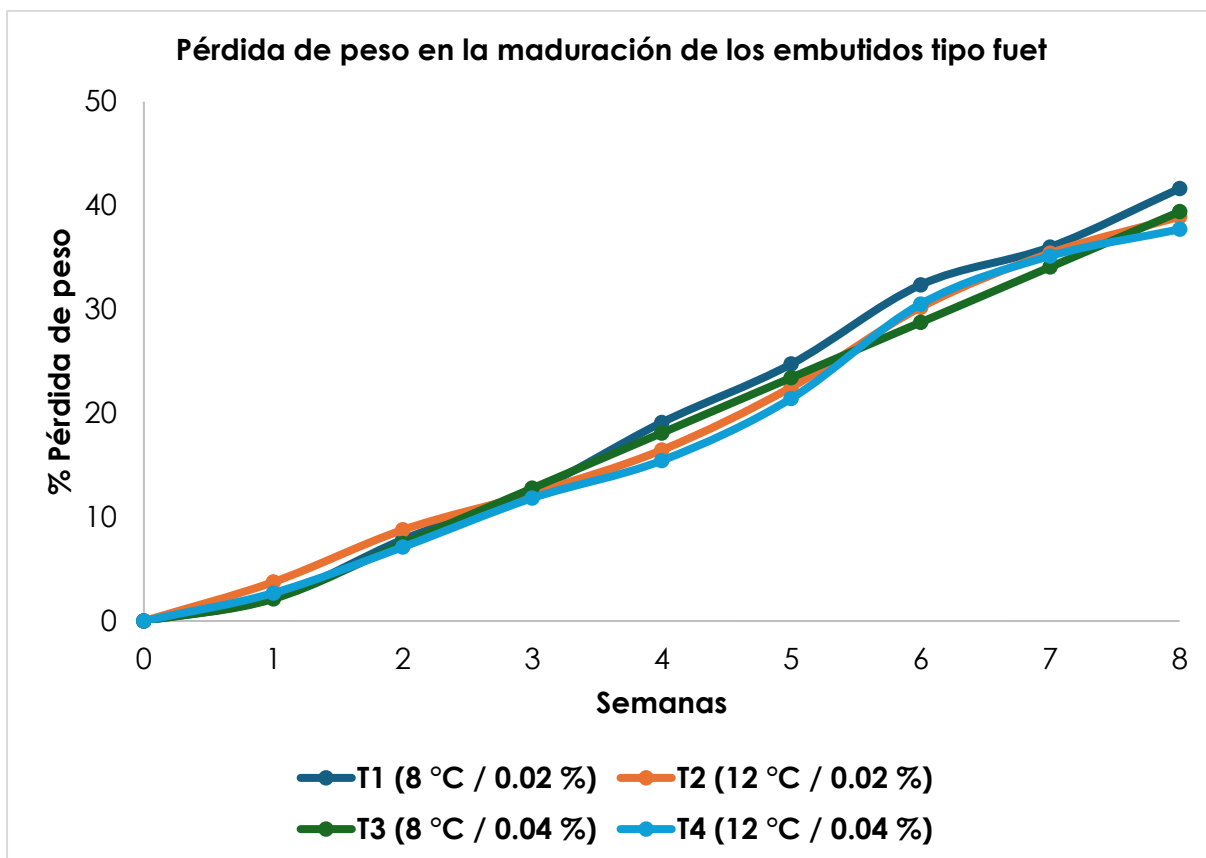


Figura 2. Pérdida de peso en el tiempo de maduración del embutido

Dado que al final de la octava semana los embutidos alcanzaron un grado de deshidratación estable y valores de pérdida de peso considerados óptimos para el consumo, se procedió a realizar el análisis sensorial en ese punto, con el fin de evaluar la calidad organoléptica del producto terminado.

4.1.2. Variación del pH de los embutidos tipo fuet en el proceso de maduración

El pH es un parámetro crítico en la elaboración de embutidos fermentados, ya que influye directamente en la inhibición de patógenos, la estabilidad del color, la textura y el desarrollo del sabor. En la Tabla 8 se presentan los valores de pH registrados

semanalmente para cada tratamiento, desde el día de la elaboración (semana 0) hasta el final de la maduración (semana 8).

Tabla 8. pH de los embutidos tipo fuet en el proceso de maduración

Tratamientos	S0	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8
T1	6.035	5.220	5.170	5.135	5.110	5.092	5.090	5.088	5.128
T2	6.030	5.220	5.160	5.120	5.090	5.070	5.055	5.050	5.048
T3	6.040	5.320	5.290	5.260	5.220	5.190	5.150	5.148	5.092
T4	6.020	5.200	5.130	5.090	5.065	5.052	5.048	5.045	5.045

Al inicio del proceso (semana 0), todos los tratamientos presentaron valores de pH muy similares, comprendidos entre 6.020 y 6.040. Esta homogeneidad inicial era esperable, ya que la materia prima y la formulación base fueron las mismas para todos los tratamientos, y el cultivo iniciador aún no había iniciado su actividad metabólica.

La primera semana de maduración (S1) fue determinante en la evolución del pH. En este período, que incluyó la etapa de pre-maduración a 25 °C durante 24 horas, se observó un marcado descenso del pH en todos los tratamientos, alcanzando valores entre 5.20 y 5.32. Este brusco descenso es atribuible a la rápida activación de *Lactobacillus plantarum*, que fermentó los azúcares añadidos (lactosa) produciendo ácido láctico. El tratamiento T4 (0.04 % de cultivo, 12 °C) registró el valor más bajo en esta semana (5.200), mientras que el T3 (0.04 %, 8 °C) presentó el valor más alto (5.320), lo que sugiere que la temperatura de maduración influyó en la velocidad inicial de acidificación.

Se observa que los tratamientos madurados a 12 °C (T2 y T4) alcanzaron los pH más bajos (5.048 y 5.045, respectivamente), mientras que aquellos mantenidos a 8 °C (T1 y T3) finalizaron con valores ligeramente superiores (5.128 y 5.092). Esto indica que una temperatura de maduración más elevada favorece una acidificación más intensa y completa, probablemente debido a una mayor actividad metabólica de las bacterias lácticas.

La Figura 3 permite visualizar de manera clara la cinética de acidificación. En ella se aprecia cómo todos los tratamientos siguen una tendencia similar: una caída pronunciada en la primera semana, seguida de un descenso más lento hasta llegar a estabilizarse en las semanas finales.

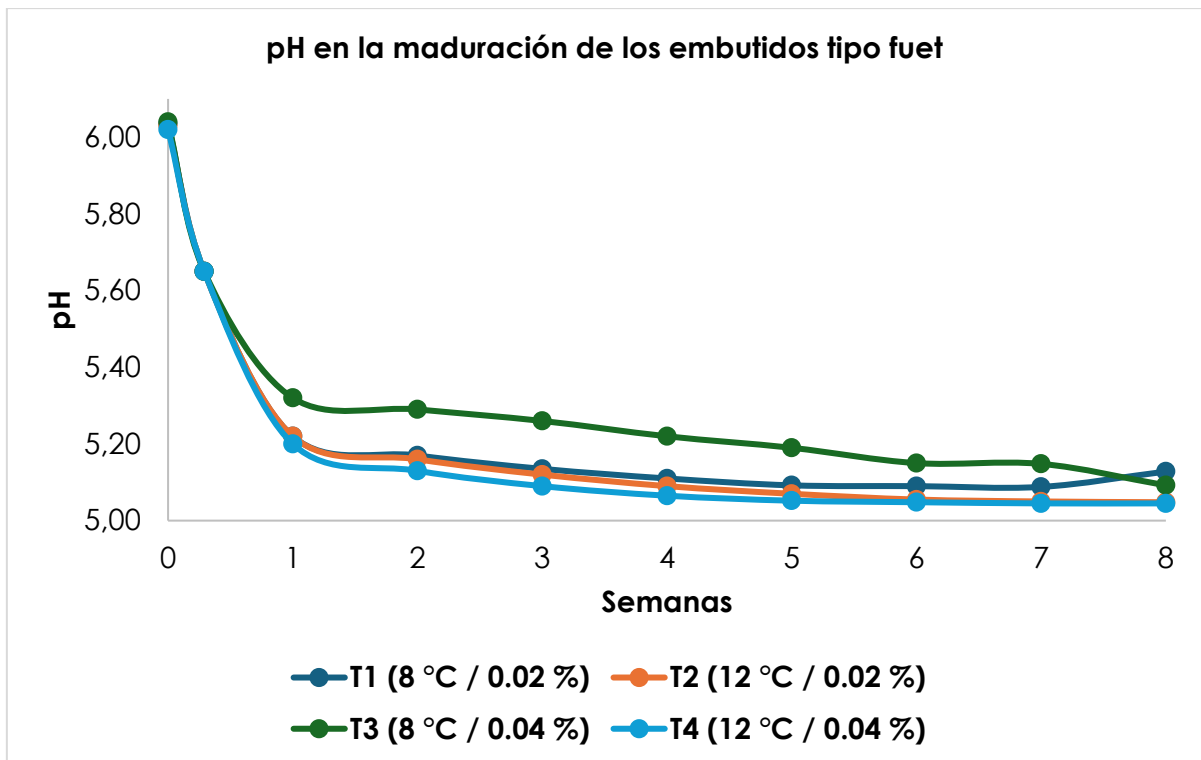


Figura 3. Variación de pH en el tiempo de maduración del embutido.

En conjunto, estos resultados confirman que tanto la concentración del cultivo iniciador como la temperatura de maduración ejercen una influencia significativa sobre la evolución del pH en embutidos tipo fuet. La curva del T4 se mantiene siempre por debajo de las demás desde la semana 2 en adelante, reflejando una acidificación más eficaz y estable, donde su combinación de 0.04 % de *Lactobacillus plantarum* y 12 °C resultó ser la más efectiva para lograr una acidificación rápida y estable, alcanzando un pH final de 5.045, valor que se encuentra dentro del rango óptimo (4.8-5.2) reportado por Ba et al. (2018) para garantizar la seguridad microbiológica y las características sensoriales deseadas en embutidos fermentados.

4.1.3. Análisis sensorial

Con el objetivo de identificar el mejor tratamiento del embutido tipo fuet, se llevó a cabo un análisis sensorial mediante una prueba de escala hedónica de 5 puntos evaluando atributos de color, olor, sabor, textura, apariencia y aceptabilidad general. El p-valor para cada atributo es inferior al 0.05, lo que indica que son datos no paramétricos, se realizó la prueba de Kruskal Wallis para identificar si existe diferencia significativa, y una comparativa de medias para identificar el mejor tratamiento, sobre el cual se presentan posteriormente las características

fisicoquímicas. A continuación, se presentan los resultados para cada atributo. Todo el análisis estadístico se llevó a cabo utilizando el software Infostat.

4.1.3.1. Color

Los resultados obtenidos para el atributo del color se detallan en la Tabla 9, el p-valor fue de 0.519 ($p > 0.05$) por tanto, no existen diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos evaluados. La comparación de medias sugiere que la variación en las condiciones de fermentación y maduración no influyeron perceptiblemente en la aceptación visual del producto por parte del panel sensorial.

Tabla 9. Resultados estadísticos del color

Tratamientos	P – valor	N	Medias	Rango
T4	0.5190	60	4	A
T3		60	4	A
T2		60	4	A
T1		60	4	A

Todos los tratamientos (T1 a T4) obtuvieron una media de aceptación de 4 puntos (“Me gusta moderadamente”). Este comportamiento homogéneo podría atribuirse a una estabilidad en la pigmentación del embutido madurado.

4.1.3.2. Olor

En la Tabla 10, los resultados respecto al atributo olor indican diferencias significativas entre los tratamientos ($p < 0.05$).

Tabla 10. Resultados estadísticos del olor

Tratamientos	P – valor	N	Medias	Rango
T4	0.0072	60	4	A
T3		60	3	A B
T2		60	3	B
T1		60	3	B

De acuerdo a la comparación de medias el tratamiento T4 obtuvo la mayor aceptación sensorial (4), lo que sugiere que la combinación de parámetros utilizados en este grupo favoreció el desarrollo de compuestos aromáticos agradables, posiblemente derivados de la actividad metabólica de *Lactobacillus plantarum*. En contraste, los tratamientos T2 y T1 presentaron menor aceptación (3, “Ni me gusta ni me disgusta”), lo que podría estar relacionado con una menor producción de compuestos aromáticos deseables.

4.1.3.3. Sabor

El análisis estadístico del atributo sabor indicado en la Tabla 11 muestra diferencias significativas entre los tratamientos ($p < 0.05$), lo que indica que las condiciones de fermentación y maduración influyeron directamente en la percepción gustativa del embutido tipo fuet.

Tabla 11. Resultados estadísticos del sabor

Tratamientos	P – valor	N	Medias	Rango
T4	< 0.0001	60	4	A
T3		60	3	B
T2		60	3	B
T1		60	3	B

El tratamiento T4 obtuvo la mayor puntuación sensorial, lo que sugiere que la combinación con cultivo iniciador *L. plantarum* al 0.04 % y una temperatura de fermentación de 12 °C para su maduración favoreció el desarrollo de compuestos gustativos agradables. Los tratamientos T1, T2 y T3 presentaron una menor aceptación, lo que podría estar relacionado con perfiles de sabor menos definidos o con la presencia de notas ácidas o amargas que no fueron bien recibidas por el panel sensorial.

4.1.3.4. Textura

En la Tabla 12 se presenta los resultados respecto al atributo textura, no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos ($p > 0.05$).

Tabla 12. Resultados estadísticos de textura

Tratamientos	P – valor	N	Medias	Rango
T4	0.0863	60	4	A
T3		60	3	A
T2		60	3	A
T1		60	3	A

Los tratamientos evaluados se ubicaron dentro de un mismo rango estadístico, esto sugiere que las variaciones en temperatura y concentración del cultivo iniciador durante la maduración no generaron cambios perceptibles en la textura del embutido.

4.1.3.5. Apariencia

El análisis estadístico de la apariencia del embutido Tabla 13, revela diferencias significativas entre los tratamientos evaluados ($p < 0.05$). Esto confirma que las

condiciones de fermentación y maduración influyeron de manera directa en la percepción visual integral del embutido tipo fuet por parte del panel sensorial.

Tabla 13. Resultados estadísticos de apariencia

Tratamientos	P – valor	N	Medias	Rango
T4	< 0.0001	60	4	A
T3		60	3	B
T2		60	3	B
T1		60	3	B

El tratamiento T4 obtuvo la mayor puntuación (4), lo que sugiere que la combinación de parámetros aplicados en este grupo favoreció el desarrollo de características visuales atractivas (color uniforme, forma definida y superficie limpia). Por el contrario, los tratamientos T1, T2 y T3 obtuvieron una media de 3 puntos, lo que indica una menor aceptación, ya sea por irregularidades en la forma que afectan negativamente la percepción estética del embutido.

4.1.3.6. Aceptabilidad general

Los resultados obtenidos para la aceptabilidad general en la Tabla 14, indican que no existen diferencias significativas entre los tratamientos evaluados ($p > 0.05$). Esto sugiere que, independientemente de las condiciones de fermentación aplicadas, todos los tratamientos fueron igualmente bien recibidos por el panel sensorial.

Cada uno de los tratamientos (T1 a T4) obtuvo una media de 4 puntos, lo que refleja una alta aceptación global del producto. La uniformidad en la aceptabilidad general podría estar relacionada con la estabilidad de la formulación base del embutido tipo fuet, así como con la capacidad de *Lactobacillus plantarum* para generar perfiles sensoriales aceptables, incluso bajo variaciones controladas de temperatura y concentración.

Tabla 14. Resultados estadísticos de la aceptabilidad general

Tratamientos	P – valor	N	Medias	Rango
T4	0.2297	60	4	A
T3		60	4	A
T2		60	4	A
T1		60	4	A

Los resultados se resumen en la Tabla 15, donde se observa que el tratamiento T4 obtuvo las puntuaciones más altas en todos los atributos sensoriales, diferenciándose de los demás tratamientos. Este comportamiento sugiere que la combinación de parámetros fermentativos aplicados en T4 (0.04 % de *Lactobacillus plantarum* y una temperatura de 12 °C) favoreció el desarrollo de características organolépticas

óptimas, como color uniforme, aroma equilibrado, sabor agradable, textura firme y apariencia atractiva.

Tabla 15. Resumen global del análisis sensorial

Tratamientos	Color	Olor	Sabor	Textura	Apariencia	Aceptabilidad general
T4	4 ^A	4 ^A	4 ^A	4 ^A	4 ^A	4 ^A
T3	4 ^A	3 ^{AB}	3 ^B	3 ^A	3 ^B	4 ^A
T2	4 ^A	3 ^B	3 ^B	3 ^A	3 ^B	4 ^A
T1	4 ^A	3 ^B	3 ^B	3 ^A	3 ^B	4 ^A
P – valor	0.5190	0.0072	< 0.0001	0.0863	< 0.0001	0.2297

Nota. Los valores indican el promedio de la prueba sensorial por 60 panelistas al 95 % de confianza, donde letras diferentes en la misma columna indican diferencias significativas sobre el atributo correspondiente.

4.1.4. Análisis fisicoquímicos del embutido tipo fuet

De la evaluación sensorial, el tratamiento T4 (0.04 % *Lactobacillus plantarum* y temperatura de fermentación de 12 °C) fue seleccionado como el mejor por parte del panel sensorial. Luego, se procedió a realizar el análisis fisicoquímico del producto elaborado. En la Tabla 16 se presenta el resumen de los resultados obtenidos para el tratamiento T4 expresados como media y su desviación estándar.

Tabla 16. Resultados fisicoquímicos del embutido tipo fuet

Parámetro	Unidad	Media	Desviación estándar
Humedad	%	26.933	0.068
Actividad de agua		0.812	0.001
pH		5.045	0.037
Cenizas	%	3.712	0.015
Acidez	% ácido láctico	1.449	0.013
Grasa	%	29.558	0.025
Proteína	%	18.297	0.091

Los resultados mostraron un contenido de humedad de 26.93 %, una actividad de agua de 0.81 y un pH de 5.04, valores que indicaron un adecuado grado de deshidratación y una acidificación suficiente para garantizar la estabilidad microbiológica del producto. El contenido de cenizas fue de 3.71 %, mientras que la acidez expresada como ácido láctico alcanzó 1.45 %, reflejando la actividad fermentativa del cultivo iniciador. En cuanto a la composición proximal, el embutido presentó un 29.56 % de grasa y un 18.30 % de proteína, lo que denotó una formulación equilibrada y dentro de los rangos típicos reportados para embutidos crudo-curados de tipo fuet.

4.2. DISCUSIÓN

4.2.1. Pérdida de peso de los embutidos tipo fuet

La monitorización de la pérdida de peso durante la maduración del fuet permitió evaluar el proceso de deshidratación y su influencia en la consistencia del producto en los cuatro tratamientos. Los resultados mostraron una reducción progresiva y constante en todos los casos, con valores finales en la octava semana que oscilaron entre 37.71 % (T4) y 41.64 % (T1), comportamiento típico en embutidos crudo-curados (Pardo & Tarjuelo, 2023). La fase inicial se caracterizó por una deshidratación más acelerada, asociada a la pérdida de agua superficial, seguida de una estabilización hacia el final del proceso, patrón observable en todos los tratamientos aunque con ligeras variaciones en la velocidad de pérdida entre semanas.

Los valores finales de pérdida de peso se ubicaron dentro o cerca del rango recomendado para fuets de calibre similar (35 ± 5 %), establecido por Mata (1999), lo que aseguró la textura firme y la actividad de agua deseada en todos los lotes. Este rango es crucial, ya que pérdidas inferiores al 25–28 % pueden producir un fuet blando y con riesgos microbiológicos, mientras que pérdidas superiores al 45 % generan productos excesivamente duros con defectos sensoriales. En este estudio, el tratamiento T4 alcanzó un 37.71 %, el más cercano al óptimo teórico de 35 %, mientras que T1 (41.64 %) se aproximó al límite superior, lo que sugiere un secado ligeramente más intenso.

Al comparar con los hallazgos de Sirini (2023), quien reportó una pérdida de peso del 35 % en longanizas tras 60 días de maduración, los fuets de este estudio alcanzaron valores similares o superiores en un periodo menor (8 semanas). Esto indicó una mayor eficiencia en el secado, posiblemente favorecida por el control de la temperatura (8–12 °C) y la humedad relativa (80–90 %), condiciones que evitaron defectos como el encostrado, descrito por Prieto y Carballo (1997). La variabilidad observada entre tratamientos, aunque pequeña, pudo estar relacionada con diferencias en la estructura de la masa debido a la concentración del cultivo iniciador.

La importancia práctica de este parámetro radicó en que una pérdida de peso adecuada no solo influyó en la textura y la estabilidad microbiológica del producto, sino también en su viabilidad comercial, ya que valores fuera del rango óptimo afectan la aceptación sensorial y la vida útil (Mata, 1999). El tratamiento T4, en este sentido, logró un equilibrio particularmente favorable entre seguridad, calidad y

aceptación, aunque todos los tratamientos produjeron embutidos dentro de márgenes comercialmente aceptables.

Este estudio confirmó la relación directa entre el tiempo de maduración y la pérdida de peso, validando las condiciones ambientales seleccionadas como adecuadas para la producción de un fuet madurado con características óptimas.

4.2.2. Variación del pH de los embutidos tipo fuet

El pH es, sin duda, uno de los parámetros más críticos en la elaboración de embutidos fermentados-curados. Su evolución determina no solo la seguridad microbiológica del producto al inhibir patógenos, sino también el desarrollo de las características sensoriales definitivas como el color, la textura y el sabor (de L Agüero y otros, 2020). Los resultados obtenidos demuestran que tanto la concentración del cultivo iniciador *Lactobacillus plantarum* como la temperatura de maduración ejercen una influencia determinante en la cinética de acidificación del fuet, lo que permite aceptar la hipótesis alternativa planteada.

El descenso pronunciado del pH durante la primera semana (S1) en todos los tratamientos, desde valores iniciales de entre 6.02 a 6.04 hasta un rango de 5.20 a 5.32, es un comportamiento típico y deseable en este tipo de productos. Esta fase de acidificación acelerada coincide con la etapa de premaduración a 25 °C y es atribuible a la rápida metabolización de la lactosa por parte de *L. plantarum* para producir ácido láctico. La velocidad de este descenso inicial es crucial, ya que una acidificación rápida en las primeras horas ayuda a suprimir el crecimiento de microorganismos indeseables y bacterias patógenas que podrían estar presentes en la matriz cárnica (Pérez & Rivera, 2012). Agüero et al. (2020) destacan que esta capacidad de acidificar rápidamente el medio es una de las principales características tecnológicas que se buscan en un cultivo iniciador para embutidos secos.

Al analizar los tratamientos, se observa una clara tendencia: las temperaturas de maduración más altas (12 °C) y las concentraciones mayores del cultivo (0.04 %) favorecieron una acidificación más eficiente y estable. El tratamiento T4 (0.04 %, 12 °C) alcanzó el pH final más bajo (5.045) y, lo que es más importante, mostró una estabilidad temprana desde la semana 5. Este comportamiento es similar a lo reportado por Ba et al. (2018), quienes encontraron que una temperatura de fermentación de 30 °C aceleraba significativamente la caída del pH en embutidos

fermentados con *L. plantarum* KACC 92189, logrando reducciones de hasta 1.57 unidades en los primeros 4 días. Aunque las temperaturas en su estudio fueron superiores, el principio es el mismo, una mayor temperatura dentro del rango de actividad metabólica de las bacterias lácticas acelera la producción de ácido.

La diferencia entre los tratamientos T2 y T4, ambos a 12 °C pero con distinta concentración de cultivo, pone de manifiesto la importancia de la dosis. El T4, con el doble de inóculo, partió de un pH ligeramente inferior y mantuvo valores más bajos a lo largo de todo el proceso, demostrando que una mayor población inicial de *L. plantarum* es capaz de acidificar el medio de manera más rápida y profunda. Esto concuerda con los principios fundamentales de la fermentación, donde una mayor carga microbiana inicial reduce la fase de latencia y acelera la actividad metabólica (Villani y otros, 2005) . Los estudios de Essid et al. (2009) sobre cepas de *L. plantarum* aisladas de carne confirman esta capacidad, mostrando que pueden reducir el pH por debajo de 4.3 en 24 h a 37 °C, aunque a temperaturas más bajas (15 °C), el proceso se ralentiza, lo que refuerza la relevancia de la temperatura observada en nuestro estudio.

Los tratamientos madurados a la temperatura más baja (8 °C), T1 y T3, presentaron los pH finales más altos (5.128 y 5.092, respectivamente). Esto era esperable, ya que las bajas temperaturas, aunque ideales para la etapa de maduración y secado lento que favorece el desarrollo de aromas, disminuyen la velocidad de las reacciones enzimáticas y el metabolismo bacteriano. Es destacable que, incluso a 8 °C, una mayor concentración de cultivo (T3) logró un pH final más bajo que T1, indicando que la dosis de inóculo puede compensar parcialmente una temperatura de maduración más baja.

En conjunto, estos resultados confirman que la combinación de 0.04 % de *L. plantarum* y 12 °C (T4) fue la más efectiva. El pH final de 5.045 se encuentra dentro del rango óptimo (4.8-5.2) citado por múltiples autores para garantizar la seguridad y calidad de embutidos fermentados. López et al. (2024) reportaron pH finales de 5.1-5.2 en salamis 3, y Sirini (2023) encontró valores entre 4.9 y 5.2 en longanizas fermentadas con la misma cepa, lo que valida los hallazgos de la investigación y confirma que *L. plantarum* es un cultivo iniciador altamente eficaz para este tipo de productos. La acidez generada no solo es suficiente para inhibir patógenos, como lo indica Xiao et al. (2020), sino que también es la adecuada para la coagulación de

proteínas y la reducción de la capacidad de retención de agua, facilitando así el posterior secado y el desarrollo de la textura característica del fuet.

4.2.3. Atributos sensoriales del embutido tipo fuet

La evaluación sensorial del fuet madurado permitió identificar el efecto de la concentración de *Lactobacillus plantarum* y la temperatura de fermentación sobre sus atributos organolépticos. Los resultados mostraron que, si bien no se detectaron diferencias estadísticamente significativas en color, textura y aceptabilidad general ($p > 0.05$), sí se observaron diferencias significativas en olor, sabor y apariencia ($p < 0.05$). El tratamiento T4 (0.04% de *L. plantarum* a 12 °C) obtuvo las puntuaciones más altas (4 "Me gusta moderadamente") en todos sus atributos, destacando de los demás.

La homogeneidad en los parámetros de color y textura entre los tratamientos puede explicarse por la estabilidad de la formulación base del embutido y la capacidad de *L. plantarum* para mantener la pigmentación y estructura del producto. Este resultado coincide con lo reportado por Chen et al. (2016), quienes señalaron que *L. plantarum* favorece la reducción de nitritos y la nitrosilación de la mioglobina, contribuyendo al color rojizo característico en embutidos fermentados. De manera similar, Ba et al. (2018) indicaron que esta cepa induce la actividad nitrito reductasa, esencial para la estabilidad cromática en carnes curadas. La ausencia de diferencias significativas en textura sugiere que las variaciones de temperatura y concentración del cultivo no alteraron la firmeza ni la sensación en boca del producto, confirmando la robustez del proceso de maduración en cuanto a la formación de la red proteica.

Por el contrario, las diferencias significativas en olor y sabor reflejan la importancia de las condiciones de fermentación en el desarrollo de compuestos volátiles y gustativos. La combinación de una mayor concentración de cultivo (0.04 %) y una temperatura intermedia (12 °C) favoreció la producción de metabolitos como ácidos orgánicos, ésteres, aldehídos y ácidos grasos, que aportaron un perfil más equilibrado y atractivo. Esto coincide con lo señalado por Hammes y Hertel (2006), quienes destacan que la fermentación láctica promueve la proteólisis y lipólisis, liberando precursores de sabor. Aunque Ba et al. (2018) observaron una mayor aceptación sensorial a 30 °C en salchichas fermentadas, en este estudio la temperatura óptima fue menor (12 °C), posiblemente debido a diferencias en formulación y en el proceso de maduración, lo que permitió un desarrollo más gradual y complejo de los compuestos de sabor.

Respecto a la aceptabilidad general, no se detectaron diferencias significativas entre tratamientos, obteniéndose una media de 4 puntos. Este resultado confirma que todas las formulaciones fueron bien recibidas por los panelistas, lo que coincide con lo reportado por Sirini et al. (2023), quien demostró que la incorporación de cepas probióticas en embutidos fermentados no compromete la aceptación del consumidor.

Los hallazgos confirman que la combinación adecuada de concentración de cultivo y temperatura de fermentación permite dirigir el perfil sensorial del fuet hacia atributos más deseables, con implicaciones directas en la preferencia del consumidor y en la competitividad comercial. El estudio reafirma el papel de *L. plantarum* en la mejora de las características sensoriales de embutidos madurados bajo condiciones controladas de fermentación. Una limitación fue el tamaño del panel sensorial (60 participantes), que si bien resultó adecuado para identificar diferencias, podría ampliarse en futuras investigaciones a fin de obtener mayor representatividad y con jueces entrenados. Asimismo, sería pertinente analizar compuestos volátiles específicos y perfiles de ácidos grasos para correlacionar directamente los cambios bioquímicos con las percepciones sensoriales.

4.2.4. Características fisicoquímicas del embutido tipo fuet

El tratamiento T4, seleccionado como el más aceptable desde el punto de vista sensorial, presentó valores de pH (5.04), actividad de agua (0.81), humedad (26.93 %), grasa (29.56%), proteína (18.30 %), cenizas (3.71 %) y acidez (1.45 % ácido láctico), estos resultados reflejaron la eficacia del proceso de fermentación y maduración aplicado.

La humedad final y la actividad de agua fueron determinantes para garantizar la estabilidad microbiológica y la conservación del producto. Mata (1999) indica que en un fuet tradicional la pérdida de peso del 35 ± 5 % conduce a valores de a_w entre 0.88 a 0.90, y una humedad de 25 a 45 % en embutidos secos. En este estudio, la a_w obtenida (0.812) fue incluso menor, lo que aseguró una mayor estabilidad y seguridad frente al desarrollo de microorganismos patógenos, considerando que el umbral crítico se encuentra en 0.85 (Sarabia, 2012).

El pH final de 5.045 y la acidez titulable de 1.45 % de ácido láctico confirmaron una fermentación adecuada con *L. plantarum*. Sirini (2023) reportó valores de pH entre 4.9 y 5.2 en longanizas fermentadas con esta cepa, mientras que Agüero et al. (2020)

y López et al. (2024) informaron rangos de 5.1–5.2 en salamis. El pH obtenido en este estudio fue ligeramente superior, probablemente por la menor temperatura de fermentación empleada (12 °C frente a 25 – 30 °C en otros trabajos), lo que ralentizó la producción de ácido láctico. Aun así, se alcanzó un nivel de acidificación suficiente para asegurar la coagulación de proteínas, la reducción de la capacidad de retención de agua y la inhibición de patógenos, funciones clave descritas por Naiara (2018).

El contenido de grasa (29.56 %) y proteína (18.30 %) se asemejó a lo reportado por Purriños et al. (2013) en salchichón gallego (36.07 % grasa, 24.53 % proteína) y en lomo embuchado (15.04 % grasa, 39.95 % proteína), con diferencias atribuibles al tipo de embutido y formulación empleada. La utilización de carne de cerdo Yorkshire, reconocida por su mayor infiltración grasa (Martinez, 2011), contribuyó positivamente al perfil sensorial del producto. La Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1338: 2012 establece un mínimo de 14 % de proteína en productos cárnicos curados-madurados en base a carne picada embutida, cumpliendo con los requisitos establecidos al presentar un valor superior. Por su parte, el contenido de cenizas (3.71 %) reflejó la concentración de minerales y sales tras la deshidratación, valor que se encuentra dentro de lo establecido por la NTE INEN 786.

En conjunto, estos parámetros fisicoquímicos confirmaron que el tratamiento T4 cumplió con los estándares de calidad y seguridad alimentaria para embutidos crudo-curados. Desde el punto de vista práctico, los resultados demostraron que el proceso de fermentación y maduración controlado permitió obtener un producto estable, seguro y con características tecnológicas favorables, validando el uso de *L. plantarum* como cultivo iniciador eficaz para alcanzar una acidificación adecuada y una reducción de aw que aseguran la inocuidad del fuet.

El estudio no evaluó la estabilidad oxidativa de los lípidos, aspectos que podrían complementar el análisis de calidad. Futuras investigaciones deberían profundizar en la identificación de compuestos volátiles y la evolución de perfiles lipídicos para correlacionarlos con la estabilidad y el desarrollo de sabor.

Además, este trabajo de investigación contribuye de manera directa a varios Objetivos de Desarrollo Sostenible según la ONU (2015), posicionándose como un estudio alineado con las prioridades globales de sostenibilidad. En primer lugar, se vincula con el ODS 2: Hambre cero y agricultura sostenible, al proponer una

metodología mejorada para la producción de embutidos fermentados que incrementa la seguridad microbiológica, reduce pérdidas por productos no conformes y promueve el uso eficiente de materias primas locales, como la carne de cerdo, contribuyendo así a la seguridad alimentaria y al desarrollo de sistemas agrícolas más resilientes. En segundo lugar, se relaciona con el ODS 3: Salud y bienestar, dado que la incorporación de *Lactobacillus plantarum* como cultivo iniciador no solo mejora la inocuidad del producto al inhibir patógenos y reducir el uso de nitritos, sino que además aporta un potencial funcional probiótico, ofreciendo un alimento que puede favorecer la salud gastrointestinal. Finalmente, el estudio se alinea con el ODS 12: Producción y consumo responsables, al optimizar parámetros de fermentación y maduración que reducen el desperdicio de alimentos, mejoran la eficiencia energética mediante el uso de temperaturas controladas y promueven la innovación en la cadena de valor cárnica ecuatoriana, fomentando una producción más sostenible y competitiva a nivel local.

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

La temperatura de maduración y la concentración del cultivo iniciador *Lactobacillus plantarum* ejercieron una influencia significativa en los parámetros de fermentación y maduración del embutido tipo fuet. El tratamiento T4, que combinó una concentración de 0.04 % de *L. plantarum* con una temperatura de 12 °C, demostró ser la condición óptima al favorecer una acidificación progresiva y controlada, alcanzando un pH de 5.05 y una concentración de ácido láctico de 1.45 %. Esta combinación permitió la proliferación eficiente de bacterias lácticas, esencial para la inhibición de microorganismos patógenos y el desarrollo de las características fisicoquímicas y sensoriales deseadas en el producto final.

Las propiedades fisicoquímicas del tratamiento T4 cumplieron con los estándares establecidos en la norma NTE INEN 1338 para embutidos crudos madurados. Se registró una humedad de 26.93 %, una actividad de agua de 0.812, un contenido de grasa de 29.56 %, proteína de 18.30 %, cenizas de 3.71 % y una pérdida de peso de 37.71 % durante las ocho semanas de maduración. Estos valores confirmaron que el proceso fermentativo fue efectivo para garantizar la estabilidad microbiológica, la conservación del producto y las características de textura y firmeza requeridas, asegurando tanto la seguridad alimentaria como la calidad tecnológica del embutido.

La evaluación sensorial realizada con un panel de 60 personas demostró que el tratamiento T4 obtuvo el mayor grado de aceptación en los atributos de sabor, olor y apariencia (puntuación promedio de 4 puntos: "Me gusta moderadamente"), mientras que el color, la textura y la aceptabilidad general fueron igualmente valorados en todos los tratamientos. Estos resultados confirman que las condiciones de fermentación y maduración aplicadas en el tratamiento T4 favorecieron el desarrollo de compuestos aromáticos y gustativos agradables, derivados de la actividad metabólica de *L. plantarum*, lo cual resulta fundamental para la viabilidad comercial y la competitividad del producto en el mercado ecuatoriano.

5.2. RECOMENDACIONES

- Es necesario realizar estudios detallados para definir las mejores condiciones de fermentación en embutidos cárnicos, con el objetivo de optimizar la calidad y seguridad de los productos.
- Se recomienda investigar el aprovechamiento de materias primas locales, como el cerdo criollo, ovinos, cabra y cuy, para preservar las tradiciones regionales y aportar características únicas a los embutidos madurados.
- El control riguroso de la temperatura y la humedad relativa debe llevarse a cabo mediante termohigrómetros, asegurando condiciones ideales para que el embutido desarrolle sus atributos sensoriales y para evitar la proliferación de microorganismos no deseados durante la fermentación.
- Para evitar el enranciamiento en la superficie del embutido causado por la luz, los productos deben mantenerse colgados en lugares oscuros, además de asegurar una separación mínima de 5 centímetros entre cada pieza para facilitar la circulación de aire y evitar acumulación excesiva de humedad.
- Se sugiere implementar controles microbiológicos continuos durante la fermentación y maduración, para garantizar la inocuidad y mantener altos estándares de calidad.
- Es importante explorar métodos que permitan reducir el tiempo de secado y curado, con el propósito de aumentar la eficiencia productiva sin sacrificar las propiedades organolépticas ni la seguridad alimentaria.
- Es estratégico invertir en la modernización de las instalaciones y en tecnologías que mejoren el monitoreo y control del proceso, fortaleciendo la trazabilidad y la estandarización en la elaboración del fuet crudo-curado.

VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Asociación de Porcicultores del Ecuador (ASPE). (2023). Raza Yorkshire. Recuperado de <https://aspe.org.ec/raza-yorkshire/>
- Agüero, N., Frizzo, L., Ouwehand, A., Aleu, G., & Rosmini, M. (2020). Caracterización tecnológica de Probiotic Lactático Bacteria como Culturas de Inicio para Sausajes Fermentados Secos. *MDPI*, 9(5), 596. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/foods9050596>
- Ba, H., Seo, H., Seong, P., Kang, S., Kim, Y., Cho, S., . . . Kim, J. (2018). *Lactobacillus plantarum* (KACC 92189) as a Potential Probiotic Starter Culture for Quality Improvement of Fermented Sausages. *Korean Journal for Food Science of Animal Resources*, 38(1), 189-202. <https://doi.org/https://doi.org/10.5851/kosfa.2018.38.1.189>
- Cardona, F. (2018). Actividad del agua en alimentos: concepto, medida aplicación. *Universidad Politécnica de Valencia*, 1-9.
- Casquete, R. (2011). Evaluación de las características microbiológicas, físico-químicas y sensoriales, de productos cárnicos crudos curados extremeños, elaborados con cultivos iniciadores autóctonos y la proteasa epg 222. *Dialnet*, 13-18. <https://doi.org/https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=200722>
- Chen, X., Li, J., Zhou, T., Li, J., Yang, J., Chen, W., & Xiong, Y. (2016). Two efficient nitrite-reducing *Lactobacillus* strains isolated from traditional fermented pork as competitive starter cultures for Chinese fermented dry sausage. *Meat Science*, 121, 302-309. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2016.06.007>
- Cobos, J., Soto, S., & Alfaro, R. (2014). Evaluación de parámetros de calidad de chorizos elaborados con carne de conejo, cordero y cerdo, adicionados con fibra de trigo. *Nacameh*, 3-8.
- de L Agüero, N., Frizzo, L., Ouwehand, A., Aleu, G. G., & Rosmini, M. (2020). Technological Characterisation of Probiotic Lactic Acid Bacteria as Starter Cultures for Dry Fermented Sausages. *Foods*, 9(5), 596. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/foods9050596>
- Díaz, J., & Yeny, A. (2022). Determinación de los parámetros de fermentación para la obtención de embutidos crudos curados de carne de cerdo tipo Pietrain. *Universidad nacional de Jaén*, 33-55.

- Essid, I., Medini, M., & Hassouna, M. (2009). Technological and safety properties of *Lactobacillus plantarum* strains isolated from a Tunisian traditional salted meat. *Meat Science*, 81(1), 203-208. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2008.07.020>
- Flores, C., & Duarte, C. (2016). Caracterización de la carne de cuy (*Cavia porcellus*) para utilizarla en la elaboración de un embutido fermentado. *Redalyc*, 8-15.
- Garcia, N., Battista, N., Pete, R., & Corsetti, A. (2021). Health-Promoting Role of *Lactiplantibacillus plantarum* Isolated from Fermented Foods. *Microorganisms*, 9(2), 349. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/microorganisms9020349>
- Hammes, W., & Hertel, C. (2006). The Genera *Lactobacillus* and *Carnobacterium*. *Springer*, 320-403. https://doi.org/https://doi.org/10.1007/0-387-30744-3_10
- López, E., Hernández, R., López, A., & Morales, J. (2024). Viability and functional impact of probiotic and starter cultures in salami-type fermented meat products. *Frontiers in Chemistry*, 12, 1507370. <https://doi.org/https://doi.org/10.3389/fchem.2024.1507370>
- Mani, E., López, A., Hernández, R., & Morales, J. (2024). Viability and functional impact of probiotic and starter cultures in salami-type fermented meat products. *Frontiers in Chemistry*, 12. <https://doi.org/https://doi.org/10.3389/fchem.2024.1507370>
- Martinez, C. (11 de Marzo de 2011). *Producción Animal*. Obtenido de Producción Animal: https://www.produccion-animal.com.ar/produccion_porcina/00-razas_porcinas/04-Yorkshire.pdf
- Mata, C. (1999). *Empleo de fermentos lácticos en la fabricación de productos cárnicos*. Obtenido de Universidad de Córdoba: <http://hdl.handle.net/10396/219>
- Naiara, C. (2018). Desarrollo de embutido fermentado caprino utilizando carnes de animales de descarte con e sem uso de culturas starters. *Universidad Tecnológica Federal Do Paraná*, 54-66.
- NTE INEN 1338. (2012). *Carne y productos cárnicos. Productos cárnicos crudos, productos cárnicos curados-madurados y productos cárnicos precocidos-cocidos*. Requisitos. Obtenido de Scribd: <https://es.scribd.com/document/364625624/nte-inen-1338-3r>
- OMS. (08 de Enero de 2015). PAO. Obtenido de PAO: https://www3.paho.org/hq/index.php?option=com_content&view=article&id=11394:iarc-evaluates-consumption-of-red-meat-and-processed-meat&Itemid=0&lang=es#gsc.tab=0

- Organización de las Naciones Unidas (ONU). (2015). *La Asamblea General adopta la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible*. Obtenido de Naciones Unidas: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/2015/09/la-asamblea-general-adopta-la-agenda-2030-para-el-desarrollo-sostenible/>
- Ospina, S., & Restrepo, D. (2011). Derivados cárnicos como alimentos funcionales. *SciELO*, 33-38.
- Pardo, J., & Tarjuelo, L. (2023). Elaboración y caracterización de un fuet funcional. *Eurocarne*, 78-90.
- Pérez, M., & Rivera, D. (2012). *Elaboración de un embutido crudo fermentado tipo chorizo a base de carne de búfalo con adición de cultivos startes*. Obtenido de Universidad de Cartagena: <https://hdl.handle.net/11227/353>
- Prieto, B., & Carballo, J. (1997). El control analítico de la calidad de los productos cárnicos crudos-curados. *Ciencia y Tecnología Alimentaria*, 1(5), 3-8. <https://doi.org/https://doi.org/10.1080/11358129709487570>
- Purriños, L., Gómez, M., Domínguez, R., Bermúdez, R., & Lorenzo, J. (2013). *Embutidos crudo-curados de cerdo celta*. Obtenido de Academia: https://www.academia.edu/26468643/Embutidos_crudo_curados_del_cerdo_Celta
- Rubio, M. (2014). *Productos cárnicos fermentado-curados funcionales y seguros. Nueva vía de ingestión de probióticos (Doctoral dissertation, Universitat de Girona)*.
- Ruiz, J., & Barbosa, Y. (2001). Elaboración de un producto cárnico fermentado con *L. plantarum* utilizando plasma de bovino como medio de cultivo. *FVCV-LUZ*, 1-9.
- Ruiz, S., González, A., Hernández, A., & Casquete, R. (2009). Nuevo embutido probiótico de cerdo Ibérico. *La agricultura y ganadería extremeña*, 105-116.
- Sarabia, L. (2011). Efecto del Uso de Bactoferm™ LHP (*Pediococcus acidilactici* & *Pediococcus pentosaceus*), Bactoferm™ F-RM-52 (*Lactobacillus curvatus* & *Staphylococcus carnosus*), Bactoferm™ F-LC (*Pediococcus acidilactici*, *Lactobacillus curvatus* and *Staphylococcus xylosus*) y Cul. *Universidad Técnica de Ambato*, 38-46.
- Sarabia, L. (2012). *Efecto del Uso de Bactoferm™ LHP, Bactoferm™ F-RM-52, Bactoferm™ F-LC y Cultivo lácteo SLB 953 en la Elaboración de Chorizo (tipo Ambateño) Madurado*. Obtenido de Universidad Técnica de Ambato: <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstreams/4fd23a20-b4cc-4ec0-90a5-1895ed8a2af4/download>

- Sirini, N. (2023). *Desarrollo de embutidos crudos- curados con propiedades funcionales: evaluación de probióticos y potenciales prebióticos*. Obtenido de Universidad Nacional del Litoral: <https://hdl.handle.net/11185/7128>
- Song, B., Zheng, C., Zheng, J., Zhang, S., Zhong, Y., Guo, Q., . . . Yin, Y. (2022). Comparisons of carcass traits, meat quality, and serum metabolome between Shaziling and Yorkshire pigs. *Animal Nutrition*, 8, 125-134. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.aninu.2021.06.011>
- Vallejo, K. (2021). Utilidad de las bacteriocinas lácticas para la bioconservación de productos cárnicos . *Escuela superior politécnica de Chimborazo*, 5-7.
- Villani, F., Mauriello, G., Olimpia, P., Blaiotta, G., & Ercolini, D. (2005). The SQUALTECA project: technological and probiotic characteristics of Lactobacillus and coagulase negative Staphylococcus strains as starter for fermented sausage manufacture. *Italian Journal of Animal Science*, 4(2), 498. <https://doi.org/https://hdl.handle.net/11588/205351>
- Wang, Y., Han, J., Wang, D., Gao, F., Zhang, K., Tian, J., & Jin, Y. (2022). Research Update on the Impact of Lactic Acid Bacteria on the Substance Metabolism, Flavor, and Quality Characteristics of Fermented Meat Products. *Foods*, 11(14), 2090. <https://doi.org/10.3390/foods11142090>
- Xiao, Y., & Liu, Y. (2020). Efecto de Lactobacillus plantarum y Staphylococcus xylosus sobre desarrollo de sabores y comunidades bacterianas en salchichas fermentadas secas chinas. *Universidad tecnológica de Hefei*, 18-29.
- Xiao, Y., Liu, Y., Chen, C., Xie, T., & Li, P. (2020). Effect of Lactobacillus plantarum and Staphylococcus xylosus on flavour development and bacterial communities in Chinese dry fermented sausages. *Food Research International*, 135, 109247. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.109247>
- Zhongyang, G., & Xiaoling, C. (2021). Efectos de la edad de sacrificio sobre las características de la canal y la calidad de la carne de cerdos de engorde mestizos (Duroc × Landrace × Yorkshire). *Taylor y Francis Online*, 4-8.

VII. ANEXOS

Anexo 1. Acta de la sustentación de Predefensa del TIC

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA ESTATAL DEL CARCHI

FACULTAD DE INDUSTRIAS AGROPECUARIAS Y CIENCIAS AMBIENTALES
CARRERA DE ALIMENTOS
ACTA
DE LA SUSTENTACIÓN ORAL DE LA PREDEFENSA DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

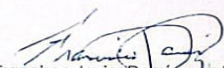
ESTUDIANTE:	LOAYZA HARVAEZ STEVEN PATRICIO	CÉDULA DE IDENTIDAD:	0401861505
PERIODO ACADÉMICO:	2026A		
PRESIDENTE TRIBUNAL	PhD. Francisco Javier Domínguez Rodríguez	DOCENTE TUTOR:	MSc. Wilman Jenny Yambay Vallejo
DOCENTE:	MSc. Carlos Alberto Rivas Rosero		
TEMA DEL TIC:	"Determinación de parámetros de fermentación de un embudo madurado tipo fuel añadiendo como cultivo iniciador Lactobacillus plantarum"		

No.	CATEGORÍA	Evaluación cuantitativa	OBSERVACIONES Y RECOMENDACIONES
1	PROBLEMA - OBJETIVOS	7,00	
2	FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA	7,00	
3	METODOLOGÍA	7,00	
4	RESULTADOS	6,67	Indicar los grupos estadísticos en las comparaciones. Revisar los fundamentos estadísticos para la presentación de
5	DISCUSIÓN	6,67	Profundizar la discusión de resultados
6	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	6,00	Mejorar las conclusiones
7	DEFENSA, ARGUMENTACIÓN Y VOCABULARIO PROFESIONAL	7,00	Organizar el tiempo de exposición de manera adecuada. Mejorar el vocabulario técnico
8	FORMATO, ORGANIZACIÓN Y CALIDAD DE LA INFORMACIÓN	8,00	Debe cumplir con el formato establecido, presenta faltas ortográficas y de redacción

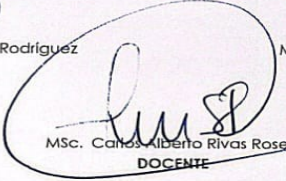
Obl...ndo una nota de: 7,13 Por lo tanto, **APRUEBA** : debiendo el o los investigadores acatar el siguiente artículo:

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

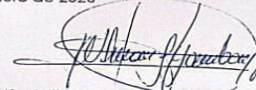
Para constancia del presente, firman en la ciudad de Tulcán el viernes, 23 de enero de 2026



PhD. Francisco Javier Domínguez Rodríguez
PRESIDENTE TRIBUNAL



MSc. Carlos Alberto Rivas Rosero
DOCENTE



MSc. Wilman Jenny Yambay Vallejo
DOCENTE TUTOR

Anexo 2. 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: LOAYZA NARVÁEZ STEVEN PATRICIO

Fecha de recepción del abstract: 3 de febrero de 2026

Fecha de entrega del informe: Viernes, 6 de febrero de 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



MA. Martha Viveros
RESPONSABLE CIDEN



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA ESTATAL DEL CARCHI FOREIGN
AND NATIVE LANGUAGES CENTER

ABSTRACT- EVALUATION SHEET				
NAME: LOAYZA NARVÁEZ STEVEN PATRICIO				
DATE: Viernes, 6 de febrero de 2026				
Topic: “Determinación de parámetros de fermentación de un embutido madurado tipo fuet añadiendo como cultivo iniciador Lactobacillus plantarum”				
MARKS AWARDED		QUANTITATIVE AND QUALITATIVE		
VOCABULARY AND WORD USE	Use new learnt vocabulary and precise words related to the topic	Use a little new vocabulary and some appropriate words related to the topic	Use basic vocabulary and simplistic words related to the topic	Limited vocabulary and inadequate words related to the topic
	EXCELLENT: 2 <input type="checkbox"/>	GOOD: 1,5 <input checked="" type="checkbox"/>	AVERAGE: 1 <input type="checkbox"/>	LIMITED: 0,5 <input type="checkbox"/>
WRITING COHESION	Clear and logical progression of ideas and supporting paragraphs.	Adequate progression of ideas and supporting paragraphs.	Some progression of ideas and supporting paragraphs.	Inadequate ideas and supporting paragraphs.
De	EXCELLENT: 2 <input checked="" type="checkbox"/>	GOOD: 1,5 <input type="checkbox"/>	AVERAGE: 1 <input type="checkbox"/>	LIMITED: 0,5 <input type="checkbox"/>
ARGUMENT	The message has been communicated very well and identify the type of text	The message has been communicated appropriately and identify the type of text	Some of the message has been communicated and the type of text is little confusing	The message hasn't been communicated and the type of text is inadequate
	EXCELLENT: 2 <input checked="" type="checkbox"/>	GOOD: 1,5 <input type="checkbox"/>	AVERAGE: 1 <input type="checkbox"/>	LIMITED: 0,5 <input type="checkbox"/>
CREATIVITY	Outstanding flow of ideas and events	Good flow of ideas and events	Average flow of ideas and events	Poor flow of ideas and events
	EXCELLENT: 2 <input type="checkbox"/>	GOOD: 1,5 <input type="checkbox"/>	AVERAGE: 1 <input type="checkbox"/>	LIMITED: 0,5 <input type="checkbox"/>
SCIENTIFIC SUSTAINABILITY	Reasonable, specific and supportable opinion or thesis statement	Minor errors when supporting the thesis statement	Some errors when supporting the thesis statement	Lots of errors when supporting the thesis statement
	EXCELLENT: 2 <input checked="" type="checkbox"/>	GOOD: 1,5 <input type="checkbox"/>	AVERAGE: 1 <input type="checkbox"/>	LIMITED: 0,5 <input type="checkbox"/>
TOTAL/AVERAGE	9 - 10: EXCELLENT 7 - 8,9: GOOD 5 - 6,9: AVERAGE 0 - 4,9: LIMITED		TOTAL 9	

Anexo 3. Análisis fisicoquímicos del mejor embutido y prueba sensorial.



Figura 4. Pesado muestra deshidratada en crisol



Figura 5. Pesado reactivo HCl



Figura 6. Prueba de humedad, balanza infrarroja



Figura 7. Actividad de agua Aw



Figura 8. Porcentaje de agua por el método de Soxhlet

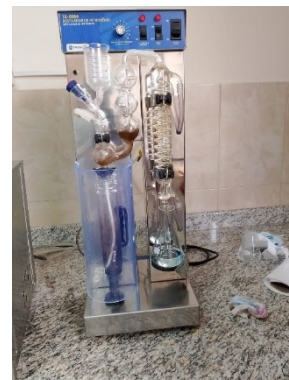


Figura 9. Destilación de proteínas por el método de Kendall



Figura 10. Digestión de proteínas



Figura 11. Porcentaje de ácidos orgánicos por titulación



Figura 12. Peso de crisol para prueba de cenizas



Figura 13. Análisis sensorial



Figura 14. Degustación panel de jueces no entrenados



Figura 15. Evaluación de tratamiento por jueces no entrenados

Anexo 4. Elaboración del embutido tipo fuet



Figura 16. Preparación de las tripas de borrego



Figura 17. Trocear la carne



Figura 18. Pesado de condimentos



Figura 19. Molido de carne



Figura 20. Fermentación de embutido en incubadora



Figura 21. Colgado y secado

Anexo 5. Resultados estadísticos

Evaluación sensorial

Supuesto de normalidad

Shapiro-Wilks (modificado)

Variable	n	Media	D.E.	W*	p(Unilateral D)
RDUO Color	240	0.00	0.93	0.92	<0.0001
RDUO Olor	240	0.00	0.89	0.95	<0.0001
RDUO Sabor	240	0.00	0.87	0.95	<0.0001
RDUO Textura	240	0.00	1.01	0.94	<0.0001
RDUO Friabilidad	240	0.00	0.88	0.94	<0.0001
RDUO Aceptabilidad	240	0.00	0.89	0.93	<0.0001

Prueba de Kruskal Wallis para cada atributo

Color

Variable	Trat	N	Medias	p
Color	T1	60	3.70	0.5190
Color	T2	60	3.57	
Color	T3	60	3.82	
Color	T4	60	3.85	

Olor

Variable	Trat	N	Medias	p
Olor	T1	60	3.28	0.0072
Olor	T2	60	3.42	
Olor	T3	60	3.45	
Olor	T4	60	3.78	

Trat.	Medias	Ranks
T1	3.28	105.08 A
T2	3.42	112.85 A
T3	3.45	120.01 A B
T4	3.78	144.07 B

Sabor

Variable	Trat	N	Medias	p
Sabor	T1	60	2.85	<0.0001
Sabor	T2	60	3.02	
Sabor	T3	60	3.13	
Sabor	T4	60	3.77	

Trat.	Medias	Ranks
T1	2.85	96.31 A
T2	3.02	107.49 A
T3	3.13	115.59 A
T4	3.77	162.61 B

Apariencia

Variable	Trat	N	Medias	p
Apariencia	T1	60	3.13	<0.0001
Apariencia	T2	60	3.18	
Apariencia	T3	60	3.45	
Apariencia	T4	60	4.03	

Trat.	Medias	Ranks
T1	3.13	98.65 A
T2	3.18	102.25 A
T3	3.45	120.55 A
T4	4.03	160.55 B

Textura

Variable	Trat	N	Medias	p
Textura	T1	60	3.18	0.0863
Textura	T2	60	3.35	
Textura	T3	60	3.30	
Textura	T4	60	3.57	

Aceptabilidad

Variable	Trat	N	Medias	p
Aceptabilidad	T1	60	3.58	0.2297
Aceptabilidad	T2	60	3.53	
Aceptabilidad	T3	60	3.85	
Aceptabilidad	T4	60	3.67	

ANEXO 6 Fichas técnicas.



Improving food & health

Bactoferm® MOLD-600

Certificate of Analysis

Form:	Powder, ground
Material No:	698327
Batch no:	3652542
Date of Manufacture (DD.MM.YYYY):	22.07.2022
Best Before Date (DD.MM.YYYY):	20.01.2024

Performance	Result	Specification
Total cell count cfu/g	7.7E+08	>=3.2E+08

Purity	Result	Specification
Bacillus cereus cfu/g	<100	<100
Coagulase-positive staphylococci cfu/g	<10	<50
Enterobacteriaceae cfu/g	<10	<10
Enterococci cfu/g	<100	<1000
Yeasts and moulds cfu/g	<100	<100
Listeria monocytogenes *	* See note below	Absent in 5 g
Salmonella spp. *	* See note below	Absent in 5 g

* Production is systematically tested on an ongoing basis - details can be supplied on request

Harvest LB-1
Product Information
Version: 1 PI GLOB EN 04-06-2018

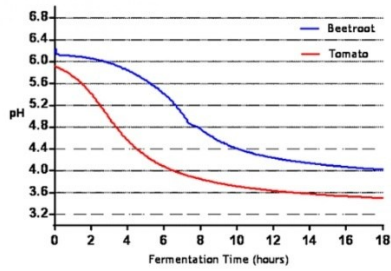
Labeling
No labeling required, however please consult local legislation if in doubt.

Trademarks
Product names, names of concepts, logos, brands and other trademarks referred to in this document, whether or not appearing in large print, bold or with the ® or TM symbol are the property of Chr. Hansen A/S or an affiliate thereof or used under license. Trademarks appearing in this document may not be registered in your country, even if they are marked with an ®.

Additional Information
Check the latest news on www.chr-hansen.com/food-cultures-and-enzymes/wine

Technical support
Chr. Hansen's Application and Product Development Laboratories and personnel are available if you need further information.

Harvest LB-1
Product Information
Version: 1 PI GLOB EN 04-06-2018



Fermentation conditions: Beetroot juice, 30°C and tomato juice broth (5° Brix), 37°C
Inoculation: 1 pouch/10hL

Physiological data	
Inoculation temperature range	20-40°C (68-104°F)
pH minimum*	3.4
Fermentation conditions*	semi-anaerobic
Mixing *	Mixing needed in tanks > 25 hL
Hop additions (for sour beers) *	<8IBU

*note that these inhibitory factors are antagonistic towards each other.
The individual tolerances are valid only if other conditions are favourable.

Legislation

The product is intended for use in food. Chr. Hansen's cultures comply with the general requirements on food safety laid down in Regulation 178/2002/EC and with Council Regulation (EC) No 609/2009 of 10 July 2009, as amended.

The product is intended for food use.

Food Safety

No guarantee of food safety is implied or inferred should this product be used in applications other than those stated above. Should you wish to use this product in another application, please contact your Chr. Hansen representative for assistance. Good Manufacturing Practice (GMP) is implemented in all plants manufacturing Chr. Hansen cultures. Chr. Hansen has made a risk assessment of microbiological, physical and chemical risks in our manufacturing and distribution plants for dairy, wine and meat cultures. Control points (CP's) and Critical Control Points (CCP's) are based on the risk assessment. A HACCP team as well as HACCP plans are established for each plant.

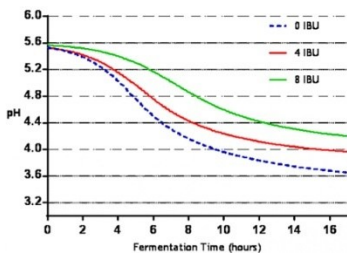
Harvest LB-1
Product Information
Version: 1 PI GLOB EN 04-06-2018

Directions for use
This freeze-dried culture should be used for direct inoculation into beverage base. No rehydration or reactivation is required.

- Remove the pouch from the freezer 15 min. prior to use and place it at room temperature. Make sure that the dosage complies with the amount of beverage base to be inoculated.
- Open the pouch and add the granulated culture directly to beverage base. The culture can be dissolved in a smaller volume first and added to the total volume right after, if required. The culture should be completely dissolved in the beverage base.



Technical Data



Fermentation Conditions: Wort (12° Plato), 30°C.
Inoculation: 1 pouch/10hL.

Harvest LB-1
Product Information
Version: 1 PI GLOB EN 04-06-2018

Description
Harvest LB-1 is a freeze dried concentrated pure culture of *Lactobacillus plantarum*. The culture has been selected to ensure a fast and safe acidification of cereal bases, vegetable juices and other sugar beverage bases. *Lactobacillus plantarum* is a facultative homofermentative lactic acid bacteria, which means the culture will produce only lactic acid from hexose sugars like glucose and fructose. The culture can also consume sucrose and maltose.

During acidification, the culture produces fruity aroma compounds (esters and terpenes, depending on the beverage base), which result in a flavorful end product.

The culture is ready for inoculation directly in all beverage bases without previous reactivation.

Culture composition:
Lactobacillus plantarum.

Material No:	718316	Color:	Off-white to slightly brown
Size	10X10 HL	Format:	FD-DVS
Type	Pouch(es) in box	Form:	Freezedried

Storage

-18 °C / 0 °F

Transport condition

The product can be shipped and handled at ambient temperature.

Shelf life

When stored according to recommendation the product has a shelf life of 24 months.

Dosage

It is recommended to use one pouch in 10 hl (264 US gallons).

Application

This culture has been selected for its overall outstanding performance and capability to perform a fast and safe acidification in:
 o Cereal beverage bases (like wort) for kettle souring: <1h acidification time
 o Vegetable juices (like beetroot, carrot, tomato, ...) <2h acidification time
 o Other beverage bases, as long as there is glucose, fructose, sucrose or maltose available, the culture will perform acidification. However, care needs to be taken that enough other nutrients (like nitrogen) are present in the beverage base to be fermented.
 If needed, Sacti-aid 2.0 can be added as an extra nutrient source.
 Please contact our Application repositibles for further information.

Other features of the culture:

- o Direct inoculation into all mentioned beverage bases
- o High number of active cells which ensure a quick acidification start
- o High level of microbiological purity
- o Does not produce biogenic amines
- o Production of fruity aroma compounds