



UNIVERSIDAD NACIONAL “PEDRO RUIZ GALLO”
FACULTAD DE INGENIERÍA ZOOTECNIA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA ZOOTECNIA

TESIS

Sustitución parcial del nitrito de Sodio por apio (*Apium graveolens*) en polvo como sustancia curante en la elaboración de tocino.

**Presentada para optar el título
profesional de
INGENIERA ZOOTECNISTA**

Autor

Bach. Ana Karina Cotrina Carrión

Asesor

Adrianzén Arbulú, Enrique Martin, M. Sc.

(009-0004-7324-816x)

Lambayeque 24 de octubre de 2025

"Sustitución parcial del nitrito de Sodio por apio (*Apium graveolens*) en polvo como sustancia curante en la elaboración de tocino".

TESIS

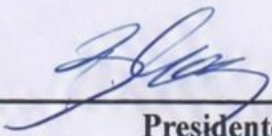
Presentada para optar el título profesional de

INGENIERA ZOOTECNISTA

Autor: Bach. Ana Karina Cotrina Carrión

**Sustentada y aprobada ante
el siguiente jurado**

Ing. Beatriz Colter Apaza Mg.



Presidente

Ing. Uber Joel Plascencia Ruiz, M.Sc.



Secretario

Ing. Allan Joel Arriola Vega, M.Sc



Vocal

Ing. Adrianzén Arbulú, Enrique Martin, M. Sc.



Asesor



00450

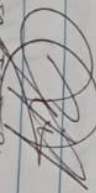
Nota de Sustentación de Tesis de la Bachiller de Ingeniería Zootecnia Ana Karina Cotrina Carrón, Para optar el título Profesional de Ingeniería Zootecnia.

En la Ciudad de Lambayeque siendo las 12:30 pm del día Viernes 29 de Octubre del 2025, en la Sala de Sustentación de la Facultad de Ingeniería Zootecnia de la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, Se reunieron los señores miembros del Jurado de Tesis designados con resolución N° 200-2024-FI2/D de fecha 23 de octubre de 2024: Ing. Beatriz del Pilar Goñter Apaza M.Sc.; Ing. Ugo Joel Plasencia Ruiz M.Sc. (Vocal); Ing. Allan Joel Arnica Vega M.Sc. (Vocal), presentado por la bachiller Ana Karina Cotrina Carrón, habiéndose aprobado el presente proyecto con resolución N° 023-2025-FI2/D con fecha 17 de enero de 2025, Trabajo de Tesis titulado: "SUSTITUCIÓN PARA EL NITRITO DE SODIO POR APIO (APIUM GRAVEOLENS) EN POTIVO COMO SUSTANCIA CUCARITÉ EN LA ELABORACIÓN DE TERNINO."

Presencial y expuesto el trabajo de tesis, cuya autorización de sustentación con resolución N° 187-2025-FI2/D de fecha 23 de octubre de 2025, Remolado las preguntas por los miembros del jurado y dada las respuestas por la sustentante y la declaración del asesor, el jurado luego de deliberar acordó APROBAR el trabajo de tesis con un puntaje de 17, equivalente al calificativo de BUENO "debiendo consignarse en el informe final las sugerencias dadas por parte del jurado durante la sustentación."

Por lo tanto, la Señorita Bachiller Ana Karina Cotrina Carrón, se encuentra apta para optar el título profesional de Ingeniero Zootecnista de acuerdo a la normatividad vigente.


Ing. BEATRIZ DEL PILAR GOÑTER APAZA M.Sc.
Presidente


Ing. UGO JOEL PLASENCIA RUIZ
Secretario


Ing. ALLAN JOEL ARNICA VEGA M.Sc.
Vocal

Ing. ENRIQUE MARTÍN ABRILINZEN ARBUCU M.Sc.
Asesor

CONSTANCIA DE APROBACION DE ORIGINALIDAD DE TESIS

Yo, Enrique Martin Adrianzén Arbulú Mg. Asesor de la tesis de la Bachiller Ana Karina Cotrina Carrión identificada con DNI 74836136, titulada: "**Sustitución parcial del nitrito de Sodio por apio (*Apium graveolens*) en polvo como sustancia curante en la elaboración de tocino**", luego de la revisión exhaustiva del documento hemos constatado que tiene un índice de similitud de 16% verificable en el reporte de similitud del programa Turnitin.

El suscrito ha analizado dicho reporte y hemos concluido que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. Por lo que, a nuestro leal saber y entender, la tesis cumple con las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo.



Ing. Enrique M. Adrianzén Arbulú Mg.
DNI 16702146
Asesor

Lambayeque 12 de marzo de 2026



Recibo digital

Este recibo confirma que su trabajo ha sido recibido por Turnitin. A continuación podrá ver la información del recibo con respecto a su entrega.

La primera página de tus entregas se muestra abajo.

Autor de la entrega: Ana Kari Cotrina Carrión
Título del ejercicio: Quick Submit
Título de la entrega: Sustitución parcial del nitrito de Sodio por apio (Apium graveol...
Nombre del archivo: tesis_2025_Ana_karina_turn.docx
Tamaño del archivo: 4.23M
Total páginas: 44
Total de palabras: 6,852
Total de caracteres: 37,971
Fecha de entrega: 20-jul-2025 10:20p. m. (UTC-0500)
Identificador de la entrega: 2718194335



Derechos de autor 2025 Turnitin. Todos los derechos reservados.

Ing. Enrique M. Adrianzén Arbulú Mg.
DNI 16702146
Asesor

Sustitución parcial del nitrito de Sodio por apio (*Apium graveolens*) en polvo como sustancia curante en la elaboración de tocino.

INFORME DE ORIGINALIDAD

16%	15%	1%	5%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	bdigital.zamorano.edu Fuente de Internet	3%
2	paginas.fe.up.pt Fuente de Internet	2%
3	www.researchgate.net Fuente de Internet	2%
4	repositorio.unid.edu.pe Fuente de Internet	1%
5	repositorio.utc.edu.ec Fuente de Internet	1%
6	repositorio.uwiener.edu.pe Fuente de Internet	1%
7	Submitted to Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo Trabajo del estudiante	1%
8	ri.ues.edu.sv Fuente de Internet	1%
9	kupdf.net Fuente de Internet	1%
10	oadaza84.blogspot.com Fuente de Internet	1%
11	es.scribd.com Fuente de Internet	1%

Ing. Enrique M. Adrianzén Arbulú Mg.
DNI 16702146
Asesor

12	Submitted to Universidad Internacional Isabel I de Castilla Trabajo del estudiante	1 %
13	www.grafiati.com Fuente de Internet	1 %
14	bdigital.uncu.edu.ar Fuente de Internet	<1 %
15	Submitted to Universidad Nacional del Chimborazo Trabajo del estudiante	<1 %
16	revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
17	gl.colquiga.org Fuente de Internet	<1 %
18	office2.jmbfs.org Fuente de Internet	<1 %

Excluir citas

Activo

Excluir coincidencias < 15 words

Excluir bibliografía

Activo

Ing. Enrique M. Adrianzén Arbulú Mg.
DNI 16702146
Asesor

DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD

Yo, Ana Karina Cotrina Carrión, investigadora principal, y Adrianzén Arbulú Enrique Martin, asesor, del trabajo de investigación Sustitución parcial del nitrito de Sodio por apio (*Apium graveolens*) en polvo como sustancia curante en la elaboración de tocino, declaramos bajo juramento que este trabajo no ha sido plagiado, ni contiene datos falsos. En caso de que se demuestre lo contrario, asumo responsablemente la anulación de este informe y, por ende, el proceso administrativo a que hubiera lugar, que puede conducir a la anulación del grado o título emitido como consecuencia de este informe.

Lambayeque, octubre de 2025.



Cotrina Carrión Ana Karina



Adrianzén Arbulú Enrique Martin

<u>ÍNDICE</u>		
Nº Cap.	Título del Capítulo	Nº Pág.
	Resumen/ Abstract	06
	INTRODUCCION	07
	I. DISEÑO TEORICO	08
	1.1. Antecedentes Bibliográficos	08
	1.2. Bases Teóricas	11
	1.2.1. Conceptos básicos	11
	1.5.2. Base Teórica	11
	1.5.3 Apio	11
	1.5.4 Propiedades del Apio	12
	1.5.3 Nitritos	13
	1.5.4 Nitratos y Nitritos en los Productos Cárnicos	14
	1.5.5 Métodos de determinación de Nitrito	14
	1.5.6 Espectrofotometría De “UV-VIS”	15
	II. DISEÑO METODOLOGICO	17
	2.1. Tipo y Diseño de Estudio	17
	2.2. Lugar y Duración	17
	2.3. Tratamientos Evaluados	17
	2.4. Material Experimental	17
	2.5. Formulación experimental	18
	2.6. Instalaciones y Equipo	18
	2.7. Equipos para Análisis	19
	2.8. Técnicas Experimentales	20
	2.9. Variables Evaluadas	21
	III RESULTADOS	22
	IV CONCLUSIONES	28
	V. RECOMENDACIONES	29
	V. REFERENCIAS	29
	ANEXOS	

ÍNDICE DE TABLAS

N° Cap.	Título	N° Pág.
	<i>Tabla 01: Formulación experimental</i>	12
	<i>Tabla 02. Esquema del análisis de la varianza del diseño irrestrictamente al azar.</i>	12
	<i>Tabla 03: Propiedades nutricionales del apio.</i>	17
	<i>Tabla N° 04: determinación del Lambda analítico</i>	22
	<i>Tabla N° 05: concentraciones de NO₂ y sus absorbancias.</i>	23
	<i>Tabla N°06: Absorbancia de cada tratamiento.</i>	24
	<i>Tabla N° 07: ANOVA para la absorbancia de los cuatro tratamientos experimentales.</i>	24
	<i>Tabla N° 08: Materia seca y humedad en los tratamientos evaluados.</i>	25
	<i>Tabla N.º 09: determinación de porcentaje de cenizas.</i>	26
	<i>Tabla N.º 10: determinación de pH.</i>	26

ÍNDICE DE GRAFICOS

N° Cap.	Título	N° Pág.
	Gráfico N° 01: Determinación del Lambda analítico	22
	Gráfico N° 02: Curva de calibración de NO ₂ y sus absorbancias.	23

Resumen

El presente es un estudio experimental aplicado a la determinación de nitritos en la elaboración de tocino con la finalidad de sustituir los nitritos del aditivo comercial por nitritos de fuente natural procedente del apio (*Apium graveolens*). Para tal fin, se determinaron concentraciones tanto del aditivo como del apio y se plantearon cuatro tratamientos experimentales con dosis de nitritos entre el aditivo comercial y del apio, el tocino de cada tratamiento experimental fue evaluado mediante espectrometría y absorbancia de la concentración de nitritos, luego se comparó los valores con las obtenidas de los otros tratamientos y de las cantidades establecidas por la normativa vigente nacional (INDECOPI) e internacional (Codex Alimentarius). Los valores encontrados para nitritos residual en las muestras analizadas varían en un rango de 2,74 mg/kg, 2,94 mg/kg, 4,70 mg/kg y 7,77 mg/kg. Por lo que los valores evaluados se encuentran por debajo de los valores establecidos por el Codex Alimentarius e INDECOPI, con lo que los tratamientos evaluados con el apio lograron el mismo resultado que los tratamientos con el nitrito comercial en el color de curado del tocino.

Palabras claves: productos cárnicos, nitritos, nitratos, tocino, apio.

Abstract

This is an experimental study applied to the determination of nitrites in the production of bacon with the aim of replacing the nitrites from the commercial additive with nitrites from a natural source from celery (*Apium graveolens*). For this purpose, concentrations of both the additive and celery were determined, and four experimental treatments were proposed with doses of nitrites between the commercial additive and celery. The bacon from each experimental treatment was evaluated by spectrometry and absorbance of the nitrite concentration, then the values were compared with those obtained from other treatments and the quantities established by current national (INDECOPI) and international (Codex Alimentarius) regulations. The values found for residual nitrites in the analyzed samples vary within a range of 2.74 mg/kg, 2.94 mg/kg, 4.70 mg/kg and 7.77 mg/kg. Therefore, the values evaluated are below the values established by the Codex Alimentarius and INDECOPI, meaning that the treatments evaluated with celery achieved the same results as the treatments with commercial nitrite on the curing color of bacon.

Keywords: meat products, nitrites, nitrates, bacon, celery.

INTRODUCCION

Un método tradicional del curado de carne desde varias décadas es la adición de sales, entre ellas sales con nitratos y nitritos de sodio para evitar la proliferación de bacterias que afecten la descomposición del producto. Sin embargo, el uso de nitritos y nitratos con la finalidad de fijar el color e inhibir el desarrollo de bacterias del tipo *Clostridium* ayudan a evitar el efecto del enranciamiento en las grasas.

Observando la normativa vigente emitida por INDECOPI, los aditivos de este tipo para productos cárnicos, indica que las cantidades residuales de nitritos a 200 ppm y nitratos a 500 ppm, mientras que el Codex Alimentarius establece como dosis máxima de 125 ppm como contenido neto en el producto final. NTP 201.048-1. (1999); ONU (1994) es de importancia cuantificar los nitritos en las carnes y productos cárnicos si no también reducir el consumo excesivo de estos.

En el Perú son pocos los trabajos de investigación que hayan evaluado las concentraciones de estos aditivos en los productos cárnicos comercializados y consumidos por los diversos grupos, sobre todo en población infantil.

Es por ello que el propósito de este trabajo es sustituir la fuente de nitrito de un aditivo por una fuente de nitratos y nitritos de origen vegetal y evaluar el nivel de nitritos en el tocino.

Se consideró lograr los siguientes objetivos:

Objetivo general

Evaluar niveles de nitritos de origen vegetal y su efecto en las características organolépticas del tocino.

Objetivos específicos

1. Cuantificar la cantidad de nitritos en el apio en polvo en las formulaciones no curadas del tocino.
2. Evaluar las diferencias de color de curado, así como como determinar el pH.
3. Determinar los porcentajes de humedad, materia seca y cenizas del producto curado (tocino).
4. Determinar la concentración de nitritos en el producto ya curado del tocino.

I. DISEÑO TEORICO

1.1 Antecedentes

Hanuska (2024) es su estudio “Efecto de las bacterias reductoras de nitratos y tallos de apio (*Apium graveolens* var. *rapaceum*) sobre las propiedades sensoriales de la carne seca “biltong” El objetivo del estudio era evaluar cómo afectaban las bacterias reductoras de nitratos y las fuentes naturales de nitratos a las cualidades sensoriales del biltong de cerdo. Se evaluaron el aspecto, el color al corte, el aroma, el sabor y la jugosidad, el dulzor, la acidez y la consistencia. Basándose en las características de la muestra, los miembros del panel asignaron calificaciones que iban de 1 a 5, donde 5 representa la calificación más alta y 1 la más baja. El grupo (P2) que contenía cultivo bacteriano, apio en polvo y NaCl recibió las mejores puntuaciones en cuanto a aspecto, sabor, jugosidad, acidez y consistencia en la evaluación sensorial de las muestras de carne de vacuno seca sin envase absorbente de oxígeno. Curiosamente, las puntuaciones de consistencia de las muestras P3 fueron sustancialmente inferiores a las de P2. Además, la muestra P1, que contenía tanto cultivo bacteriano como NaCl, mejoró el color del corte en comparación con el control negativo (C), que sólo tenía NaCl. El grupo P3 con sal de curado obtuvo los mejores resultados en cuanto a dulzor y aroma, aunque estas diferencias no fueron estadísticamente significativas ($P \geq 0,05$). La combinación de cultivo bacteriano, apio en polvo y NaCl (AP2) tuvo los efectos más beneficiosos sobre el aspecto, el color del corte y la consistencia, según la evaluación sensorial de muestras de carne seca envasadas con un absorbente de oxígeno. El grupo que recibió el absorbente y la sal de curado (AP3) mostró una mayor jugosidad, sabor y aroma. La adición de cultivo bacteriano y NaCl (AP1), junto con AP2 y AP3, tuvo el mayor impacto en la acidez. La adición de cultivo bacteriano y NaCl a las muestras que utilizaban el absorbente (AP1) produjo el dulzor más agradable al paladar. Las muestras que contenían apio en polvo (AP2) y cultivo bacteriano tuvieron la mejor consistencia cuando se envasaron con el absorbente. En conclusión, en comparación con el control negativo con NaCl (AC), las muestras de seca con sal de curado extra (AP3) tuvieron la mejor evaluación sensorial global entre las que tenían absorbente de oxígeno. El grupo con cultivo bacteriano y apio en polvo obtuvo las mejores puntuaciones sensoriales globales en las muestras sin absorbente de oxígeno, superando al grupo de control con NaCl(C).

En un estudio desarrollado por **Donoso et al. (2019)** sobre el “efecto de la incubación de jugo de apio (*Apium graveolens*) con bacterias ácido lácticas en el desarrollo de color y sabor de una formulación de chorizo” indica que la elaboración de productos de carne de vacuno «no curados» utilizando una fuente vegetal en lugar de nitrito es cada vez más popular. Con el fin de evaluar el impacto de su adición en las propiedades fisicoquímicas y sensoriales de una formulación de chorizo, el presente estudio se fundamentó en los resultados de una fase preliminar que cuantificó el nitrato (NO_3) de un jugo de apio cultivado (JAC) durante 90 minutos a 35 °C con bacterias lácticas (BAL) *S. xylosum*; *P. pentosaceus* al 0,25%. Se emplearon cinco formulaciones, un tratamiento sin nitrito, otro con una cantidad intermedia y nitrito cerca del máximo permitido ($\text{C}^-:0$, $\text{C}^+:150$, $\text{T1}:75$ ppm NaNO_2), y dos con JAC bajo y alto ($\text{T2}:14\%$, $\text{T3}:7\%$) en un diseño de Bloques Completos Aleatorizados (RCB). Hubo tres repeticiones para un total de 15 unidades experimentales. Se realizó una prueba de Chi-cuadrado para el análisis de preferencias y un análisis de varianza con separación de medias de Duncan ($P < 0,05$). En comparación con el control, las formulaciones que contenían JAC mostraron un pH más bajo, cambios de color perceptibles cuando el chorizo no contenía nitritos y variaciones bastante evidentes en las muestras que contenían JAC. El sabor general y la aceptabilidad del color para todos los tratamientos con nitritos, independientemente de la fuente, fueron «moderadamente agradables» y «ligeramente agradables», respectivamente, siendo las formulaciones con JAC las que mostraron una mayor preferencia. Según esta investigación, las salchichas de cerdo hechas con JAC tienen buena formación de color y aceptación sensorial. Se aconseja realizar más investigaciones microbiológicas en artículos comparables.

Fernandes L. (2021) realizó una validación de un método rápido y efectivo para la determinación de nitrato y nitrito en productos cárnicos. Con el fin de implementar ensayos rápidos y de bajos residuos, se validaron métodos de reflectometría para la cuantificación de nitratos y nitritos en productos cárnicos. Se estimaron las incertidumbres de medición y los métodos se aplicaron en muestras comerciales. El rango de trabajo establecido para la determinación de nitratos fue de 0,007 a 0,188 g/100 g expresados en NaNO_2 . Los límites de detección y cuantificación fueron de 0,0042 y 0,0067 g/100 g, respectivamente. Los resultados de recuperación estuvieron entre el 90 y el 115%, y la precisión entre el 4,1 y el 12,8%. El método se reveló selectivo en presencia de interferentes, a excepción de los nitritos, lo que hizo necesaria su eliminación previa. La incertidumbre expandida relativa varió entre el 5,3

y el 14,2%. La repetibilidad del método fue la mayor fuente de contribución para la incertidumbre. El rango de trabajo establecido para la determinación de nitritos fue de 0,0056 a 0,028 g/100 g expresados en NaNO_2 . Los límites de detección y cuantificación fueron de 0,0009 y 0,0056 g/100 g. Los resultados de recuperación se situaron entre el 81 % y el 85 %, y la precisión entre el 4,4 % y el 10,8 %. Se evaluaron como interferentes los fosfatos (0,5 g/100 g) y el ácido ascórbico (0,01 g/100 g). La incertidumbre relativa expandida osciló entre el 2,9 % y el 4,9 %. Los métodos resultaron sencillos, rápidos y adecuados para la cuantificación del analito. Al aplicar los métodos en muestras comerciales, se obtuvieron resultados satisfactorios, de acuerdo con los límites máximos establecidos por la legislación.

Mora A. (2021) realizó un estudio de “determinación de nitrito de sodio en un embutido por espectrofotometría visible mediante el reactivo de Griess”. Utilizando el reactivo de Griess para crear una molécula coloreada, se utilizó la espectroscopia visual para medir la cantidad de nitrito de sodio en una salchicha costarricense de la marca Don Luis. Utilizando la adición estándar a 540 nm para medir el contenido de nitrito de una muestra, se obtuvo el siguiente resultado: Con un límite de detección de 0,0056 mg L y un límite de cuantificación de 0,019 mg L, la concentración de NaNO_2 fue de 45 ± 5 mg kg. El valor alcanzado se ajusta a la legislación costarricense y es comparable a los valores documentados en la literatura. Se aplicó la ley de Beer al método empleado y la linealidad osciló entre $0,072 \pm 0,004$ y $0,529 \pm 0,008$ mg L. Las interferencias en la matriz del producto y el tratamiento de la muestra son dos fuentes potenciales de inexactitud. Se aconseja realizar las modificaciones de pH necesarias para mejorar la recuperación de nitritos tanto durante el tratamiento como al medir la muestra, a fin de obtener una evaluación fidedigna de la concentración de nitritos. Para evitar la degradación del analito, filtre las muestras al vacío y cubra los globos con papel de aluminio. Trabajar con concentraciones totales de 0,1-1,200 mg L de nitrito en los patrones y sus correspondientes adiciones para mantener la absorbancia dentro de los límites de la ley de Beer.

Carboni et al. (2020). En un estudio titulado, Evaluación del extracto de apio (*Apium graveolens* L.) como agente de curado natural en la producción de salami tipo italiano con cultivos iniciadores autóctonos. En este estudio se utilizaron cultivos iniciadores nativos SxLp (*S. xylosus* AD1 y *L. plantarum* AJ2) para producir y caracterizar salami tipo italiano con el fin de evaluar el extracto de apio como agente de curado natural. Se crearon dos formulaciones de salami tipo italiano; a una se le añadió 1,4% de

extracto de apio (T1) y a la otra se le aplicó 0,3% de sal de curado comercial (T2). Se realizaron investigaciones fisicoquímicas, microbiológicas y sensoriales después de que los salamis maduraran durante 26 días en idénticas condiciones de temperatura, humedad relativa y velocidad del aire. El cultivo iniciador SxLp provocó un descenso del pH, lo que favoreció una mayor acidificación del salchichón y una disminución de los nitratos, permitiendo que el producto tomara color. Además, durante el periodo de maduración de 26 días, los cultivos de ambos tratamientos estaban vivos ($> 7 \log \text{ UFC.g}^{-1}$). El extracto de apio y el cultivo de partida autóctono se combinaron para realzar el color distintivo, la textura adecuada y la seguridad microbiológica del salchichón de ternera curado. A los jueces les gustó el Salami T1, que contenía extracto de apio y los cultivos de partida SxLp. La mayoría de ellos compraría el producto con frecuencia. Para producir salami de estilo italiano, se comprobó que era factible utilizar extracto de apio como agente de curado junto con la adición de cultivos de partida nativos.

1.5.2. Base Teórica

1.5.3 Apio

El apio, o “*Apium graveolens* (*A. graveolens*)”, es una planta bienal de la familia *Apiaceae* que se cultiva ampliamente por sus tallos, hojas y semillas comestibles. Debido a su amplia gama de componentes bioactivos, esta planta no sólo se utiliza ampliamente en la cocina, sino que también tiene importantes beneficios terapéuticos. Se sabe que elementos esenciales como las vitaminas A, K y C, junto con minerales como el potasio y el folato, están presentes en *A. graveolens* (Khairullah, 2021). También es rica en compuestos antiinflamatorios y antioxidantes, especialmente ftaluros, flavonoides y ácidos fenólicos.

Las hierbas *Apium* crecen erectas hasta alcanzar una altura de 30 cm a 1 m y son bienales o anuales. Sus raíces suelen ser tuberosas. Las hojas son compuestas pinnadas, de color verde brillante a verde amarillento, y tienen foliolos de forma variable, a menudo romboidales, de hasta 6 cm de alto y 4 cm de ancho. La disposición de los foliolos da a la planta un aspecto robusto y frondoso. Las plantas de *Apium* son conocidas por sus umbelas compuestas terminales de pequeñas flores de color blanco verdoso. El ciclo reproductivo, que produce frutos y semillas, depende en gran medida de las flores. *Apium* produce esquizocarpos, que son de anchamente ovales a globosos y varían en longitud y anchura de 1 a 1,5 mm (Mehraj, 2024) *graveolens*, suele florecer y producir semillas a partir del segundo año, es una hierba bienal o monocárpica

perenne y resistente. Puede crecer hasta 1 metro (3 pies) de altura y tiene un olor característico a apio. La planta tiene tallos brillantes a verde amarillentos, robustos y con surcos distintivos (Akbar 2020). Los colores de los pétalos de la flor varían de verde a marrón, blanco y amarillo. Las flores tienen tallos cortos y se agrupan en umbelas. Cada nudo sostiene una sola hoja, y sus hojas compuestas -que están formadas por dos o más folíolos distintos- se disponen alternativamente a lo largo del tallo. En los bordes de las láminas foliares se observan lóbulos o una combinación de dientes y lóbulos. (Akbar 2020).

“El apio (*Apium graveolens*)” es un alimento con bajo contenido energético y un alto porcentaje de nutrientes como vitaminas y minerales necesarios para la salud. Por lo que 100 gramos de apio fresco aportan una cantidad significativa de potasio, el cual interviene en la regulación de la presión arterial y funcionamiento de corazón, por lo que en la tabla N° 03 siguiente se detalla la composición nutricional contenida en 100 gramos de apio:

tabla N° 01 composición nutricional en 100 gramos de apio

Calorías	11kcal
Proteínas	0,9 g
Hidratos de carbono	0 g
Fibra	2 g
Colesterol	0 g
Potasio	305mg

Fuente: (Chuquitargo, 2024)

1.5.4 Propiedades del Apio

El apio se utiliza desde hace mucho tiempo para curar diversas dolencias, como irregularidades menstruales, infecciones del tracto urinario [19], gota y artritis. Sus cualidades diuréticas también se han utilizado para mejorar la salud urinaria al aumentar la excreción de orina. En la salud del aparato digestivo, la hinchazón, la indigestión y la mala digestión son algunos de los problemas digestivos que el apio suele tratar. Se cree que aumenta el apetito y mejora la salud digestiva en general. El apio se utiliza para tratar los cálculos renales y las infecciones del tracto urinario (ITU).

Es conocido por sus propiedades diuréticas, que ayudan al organismo a eliminar toxinas. La hipertensión y otros trastornos cardiovasculares pueden controlarse con apio. Se le atribuyen propiedades antihipertensivas que ayudan a mantener niveles normales de tensión arterial. En la medicina tradicional, el apio se utiliza para tratar enfermedades de la piel como la psoriasis y el eczema. Sus propiedades antiinflamatorias y antioxidantes ayudan a calmar la piel inflamada y aceleran el proceso de curación. En las primeras tumbas egipcias se tejían guirnaldas de apio silvestre con fines ceremoniales o terapéuticos (Njoku et.al. 2011).

El apio contiene flavonoides como la luteolina, la apigenina y el kaempferol. Estas sustancias tienen potentes propiedades antioxidantes que ayudan a eliminar los radicales libres y a reducir el estrés oxidativo. Los flavonoides son componentes importantes del perfil farmacológico del apio, ya que también presentan propiedades neuroprotectoras, antiinflamatorias y anticancerígenas (Tavacoli, 2022).

1.5.3 Nitritos

“El ión nitrato es la base conjugada del ácido nítrico (HNO_3). El ácido nítrico es un ácido fuerte ($\text{pK}_a = -1.37$) que se disocia en el agua produciendo iones nitrato e iones hidroxonio (H_3O^+). Los nitratos son sales del ácido nítrico” (García, 1994; Badui 1996).

Cuando el consumo de nitratos alcanza concentraciones superiores al 79%, se sabe que se produce anoxia. El primer caso documentado de intoxicación causada por el consumo de nitratos (25% en peso seco) se produjo en 1895 con ganado vacuno e incluyó convulsiones, diuresis, colapso y cianosis, así como sangre con una coloración negruzca (metahemoglobina). Debido a la aplicación de fertilizantes, varias plantas tienen un alto contenido en nitratos; en el ser humano, la flora intestinal convierte estos nitratos en nitritos.

Algunos alimentos, como las espinacas, y el agua contaminada con fertilizantes contienen altos niveles de nitratos inorgánicos. Los nitratos por sí mismos no son peligrosos en las concentraciones que se encuentran en los alimentos; las intoxicaciones se producen por su conversión en nitritos, sobre todo en los recién nacidos que tienen niveles reducidos de flora bacteriana reductora de nitratos y una producción anormal de jugos gástricos.

Los nitritos inorgánicos oxidan la hemoglobina a metahemoglobina en casos de intoxicación, sobre todo en personas que carecen de la enzima metahemoglobina-

reductasa dependiente de $\text{NADPH} + \text{H}^+$, encargada de reducir la metahemoglobina. Vasodilatación, metahemoglobinemia, hipotensión moderada, taquicardia, hipertensión ortostática (relacionada con síncope), acidosis metabólica, hipoxia provocada por metahemoglobinemia, taquipnea y cianosis, convulsiones y colapso cardiovascular son los signos clínicos de la intoxicación por nitratos y nitritos en humanos.

1.5.4 Nitratos y Nitritos en los Productos Cárnicos

Desde la antigüedad, las carnes se han conservado utilizando una mezcla de sal y nitrato potásico. Desde que en el siglo actual se descubrió que el ion nitrito tiene propiedades antibacterianas, es mucho más habitual utilizarlo como conservante de carnes curadas en cantidades que oscilan entre el 0,4 y el 0,6% de nitrito sódico en sal común. La aplicación directa de nitrito en productos cárnicos curados ofrece una serie de ventajas, entre las que destacan la mejora de la higiene debido a la inhibición más rápida del crecimiento de flora bacteriana no deseada, la posibilidad de controlar con precisión la cantidad de nitrito añadida y la rapidez de acción, ya que elimina la necesidad de esperar a que las bacterias nitrorreductoras conviertan una parte del nitrato en nitrito (Pennisi et al, 2020).

Para dar color, a la mayoría de los productos cárnicos se les añade nitrato y/o nitrito. El nitrato no afecta al color. Es simplemente el precursor del nitrito. El ión nitrato se convierte en ión nitrito mediante reductasas de nitrato producidas por microorganismos presentes de forma natural en la carne o suministrados como cultivos iniciadores. El nitrato de potasio o de sodio se disocia en un medio rico en agua. La mioglobina (Mb) ha sido transformada en metamioglobina (MMb) por el nitrito, que ha oxidado el hierro de la mioglobina al estado férrico (Martinez et al., 2021).

1.5.5 Métodos de determinación de Nitrito

En contraste con la determinación de nitrato, la de nitrito es altamente sensible y exacta. Los métodos se basan en una reacción con una amina primaria aromática en solución ácida para formar una sal de diazonio seguida de un acoplamiento con una segunda amina aromática que da un colorante azoico intenso. El método más utilizado es el de la sulfanilamida y el clorhidrato de N-(1-naftil)-etilendiamina” (Adrian, 2000). El nitrito residual, o la cantidad analíticamente identificable en los productos curados, se mide a nivel de laboratorio y puede ser poco o mucho menor que la cantidad

añadida; por esta razón, se utiliza para evaluar el uso de nitrito en el proceso de curado (Vargas, 2005).

Recientemente se han desarrollado otras técnicas, como la espectrometría de masas, la dilución isotópica, la cromatografía iónica y la cromatografía líquida de alta resolución (HPLC), que requieren el empleo de equipos más costosos. Estos dos últimos métodos se han sugerido para el análisis de vegetales (Huanca, 2010).

1.5.6 Espectrofotometría De “UV-VIS”

Utilizando radiación del espectro electromagnético con longitudes de onda comprendidas entre 100 y 800 nm (energía entre 286 y 36 kcal mol⁻¹), la espectroscopia “UV-Vis” produce transiciones electrónicas entre los orbitales atómicos y/o moleculares de una sustancia. Los efectos y la detección pueden extenderse ocasionalmente al rango del infrarrojo cercano (800-900 nm). En la “espectroscopia UV-Vis”, una especie química (a menudo una molécula, aunque también puede ser una especie monoatómica, un ion o un complejo) absorbe los rayos “UV-Vis”. A continuación, el sistema utiliza la energía que ha ganado para mover un electrón de su estado fundamental (EF) a su estado excitado (EE). La ecuación de Planck establece una relación entre la energía de transición y la longitud de onda de la radiación (Frabra, 2023).

Además de permitir la identificación de grupos funcionales específicos que se encuentran en las moléculas, la señal espectral también permite estimar la concentración de una sustancia. El término «espectrofotometría» se utiliza con frecuencia para describir la espectrometría que utiliza fotones (“UV-Vis, IR”). Para determinar la transmitancia o la absorbancia, los espectrofotómetros se emplean para cuantificar la intensidad de la absorción (Hoyos, 2020).

La espectroscopia “UV-Vis” son espectros electrónicos, estos son arrojados mediante la existencia de una transmisión de los electrones más externos de los átomos de las moléculas que llegan a niveles con alta energía partiendo de niveles con baja energía llamados niveles fundamentales. Los datos de absorbancia se llevan a cabo por medio de un espectrofotómetro que en esencia consta de un monocromador (prisma o red de difracción) el cual es el encargado de controlar la longitud de onda de la radiación y este es el que incide en la muestra. Las cubetas que se utilizan en el espectrofotómetro son de 1 cm de espesor, se deben tomar siempre por sus caras esmeriladas. (Villegas, 2019).

La relación conocida como ley de Lambert Beer, que afirma que la absorbancia de una solución es directamente proporcional a la concentración de analito en dicha solución, constituye la base de la espectrometría “UV-Vis” y su aplicación en la medición cuantitativa. Por consiguiente, puede utilizarse para determinar la concentración de un compuesto en una solución. La longitud de onda de absorción de la luz λ es única para cada cromóforo. La intensidad (I) de la luz de radiación “UV-Vis” que atraviesa la muestra es inferior a la intensidad del haz incidente (I_0) cuando atraviesa una solución que contiene un analito absorbente. La transmitancia es el porcentaje de radiación que ha atravesado la muestra. Un espectrofotómetro “UVVis” es la herramienta utilizada en la espectrofotometría “UV-Vis”, que permite comparar la radiación transmitida o absorbida por soluciones con concentraciones conocidas y desconocidas del mismo material. La transmitancia de la muestra se mide y suele indicarse como Absorbancia A o como porcentaje (%T). El aparato suele incluir una fuente de luz (a menudo una lámpara de arco de deuterio para la luz ultravioleta o una lámpara incandescente de tungsteno para la luz visible), un portamuestras, un monocromador o rejilla de difracción para separar las distintas longitudes de onda de la luz y un detector. Normalmente, el detector es un fotodiodo o un CCD (Díaz, 2014).

Los niveles de nitrito permitidos en los alimentos curados oscilan entre 10 y 200 partes por millón, dependiendo del país (Takayuki, 1996). En prácticamente todos los países se acepta el uso de nitritos en la salazón y conservación de productos cárnicos. Sin embargo, en algunos países no se utilizan nitratos debido a su incontrolable conversión defectuosa en nitritos y, en su lugar, se añaden directamente nitritos (Luck E. 1977). Según la Norma Técnica Nacional vigente en nuestro país, emitida por el INDECOPI, las cantidades residuales de nitrito de sodio y nitrato de potasio utilizados como fijadores de color y conservantes en carnes y productos cárnicos están restringidas a no más de 200 partes por millón de nitrito de sodio y no más de 500 partes por millón de nitrato de sodio o nitrato de potasio en el producto final.

II. DISEÑO METODOLOGICO

2.1. Tipo y Diseño de Estudio

Dado que se evaluó el efecto del cambio en una variable (independiente) sobre el comportamiento de otras (dependientes), la presente investigación fue del tipo experimental; así mismo, fue cuantitativa, debido a que se empleó información cuantificada (datos) y en la búsqueda de proponer una solución a un problema es catalogada como propositiva.

Existen numerosas publicaciones relacionadas con la tipificación de las investigaciones (Bunge, 1972; Scheffler, 1981; Hernández et al., 2010; Maletta, 2015) que se consultó para tipificar al presente trabajo de investigación.

2.2. Lugar y Duración

La fase de campo se desarrolló en el laboratorio de productos cárnicos de la Facultad de Ingeniería Zootecnia y Laboratorio de Suelos de la Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional “Pedro Ruiz Gallo”, en Lambayeque.

2.3. Tratamientos Evaluados

T1: Nivel de 0.00% apio en polvo y 100% de nitrito de la sal de cura.

T2: Nivel de 50% de apio en polvo y 50% de nitrito de la sal de cura.

T3: Nivel de 75% de apio en polvo y 25% de nitrito de la sal de cura.

T4: Nivel de 100% de apio en polvo extracto y 0.00% de nitrito de sal de cura.

2.4 Material experimentales

Se emplearán 02 kilos de carne de porcino parte del costillar, panceta por cada tratamiento. Se colocará en una bolsa de polietileno un kilo y se agregará los condimentos, aditivos, sal de cura y el apio de acuerdo a la proporción de cada tratamiento, por duplicado tal como se muestra en la formulación establecida en la tabla N° 01.

El tocino y su elaboración, proceso de curado serán elaboradas en el Laboratorio de Productos Cárnicos de la Facultad de Ingeniería Zootecnia.

2.5 Formulación experimental

Tabla N° 02: Tocino

Ingredientes %	T1	T2	T3	T4
Carne de Porcino panceta	96.79	96.59	96.49	96.39
Sub Total %	3.21	3.41	3.51	3.61
Sal	2.00	2.00	2.00	2.00
Sal de cura	0.10	0.05	0.025	0.00
Apio en polvo	0.00	0.25	0.375	0.50
Azúcar	0.15	0.15	0.15	0.15
Ac. Ascórbico	0.10	0.10	0.100	0.100
Pimienta Blanca	0.13	0.13	0.13	0.13
Nuez moscada	0.11	0.11	0.11	0.11
Glutamato monosódico	0.20	0.20	0.20	0.20
Ajos en polvo	0.10	0.10	0.10	0.10
Comino en polvo	0.10	0.10	0.10	0.10
Cebolla en polvo	0.12	0.12	0.12	0.12
Sorbato de potasio	0.10	0.10	0.10	0.10
Total %	100%	100%	100%	100%

El producto comercial, proveedor de apio del mercado mayorista Moshoqueque, se comercializa con la denominación de apio fresco.

2.6. Instalaciones y Equipo

El producto, tocino, de cada tratamiento se elaborarán de acuerdo con las formulaciones presentadas en la tabla N°01 con los equipos del laboratorio de productos cárnicos de la Facultad de la facultad de ingeniería zootecnia y del laboratorio de suelos de la facultad de ingeniería agrónoma de la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo.

1.7 Equipos para Análisis

- Espectrofotómetro UV VIS. Modelo: SPECORD 250 PLUS. Rango: 190–1100 nm
- 01 unidad de congelación capacidad 300 litros.
- Estufa digital marca RAYPA. Con rango de temperatura de 35°C-220°C.
- Ph metro digital marca HANNA.
- Balanza digital analítica marca ADAM modelo STB. JMax= 8200g d= 0.01g.
- Mufla. Rango de temperatura mayor a 200°C hasta 1500°C.
- Desecador de vidrio, crisoles, cajas Petri, vasos Erlenmeyer, pipetas.
- Mesa de trabajo de acero inoxidable 304, Cocina de cocción, Tablas de picar, cuchillos.

1.8. Proceso de Elaboración de tocino

- Limpieza de los equipos a utilizar.
- Obtención de la panceta como materia prima.
- Deshuesado y acondicionamiento de la panceta ó tocino.
- Pesado de ingredientes.
- Curado y refrigerado del tocino a temperatura de 5°C por 24 horas.
- Desecado en horno a temperatura de 65°C por cuatro horas.
- Enfriado.
- Empacado.

1.9 Técnica de Espectrometría para el tratamiento de las muestras

- Se triturarán 5g de muestra para obtener moléculas analizables.
- Se llevará a un vaso de precipitado donde se le agregarán 100 mL de agua destilada, 5 mL de ácido Bórico y se agitará hasta llegar a un color homogéneo.
- Se llevará a baño maría por 15 min. en agitación, donde se le añadió 2 mL de Acetato de Zn al 30% y 2 mL de Ferrocianuro de K al 15%.
- Se procederá a enfriar y a filtrar en un matraz Erlenmeyer con la ayuda de una bomba para reducir el tiempo.
- El filtrado se llevará a un vaso de precipitado y se le añadirá un volumen de agua destilada hasta 150 mL.
- Se tomará 50 mL de la solución anterior y se depositará en una fiola donde a su vez se le añadirá 1 mL de solución Sulfanilamida y 1 mL de solución de N-Naftiletildiamida.

- Se determinará el NO₂ con cada muestra de tocino en ppm en el espectrofotómetro a una absorbancia para el tocino de $\lambda = 540$ nm. Según la norma técnica NTP 201.007:1999, El máximo de nitrato en embutidos es de 0.05% (500ppm).

- Luego se reemplaza en la fórmula con los datos resultante del análisis de regresión y la concentración en ppm de NO₂:

$$X = C_c$$

$$Y = Abs$$

$$Abs = 0.9903(C_c) - 0.0085$$

1.10 Técnica de Determinación de Humedad (%) para cada muestra.

1. Secar la cápsula petri 102°C secada durante 30 minutos
2. Situar la cápsula en el desecador y dejar que se enfríe a temperatura ambiente.
3. Pesar la cápsula sin muestra (P1)
4. Colocar 10 g de tocino como muestra en la cápsula y pesar (P2)
5. Introducir la cápsula en la estufa de desecación y mantenerla 6-8 horas.
6. Situar la cápsula en el desecador y dejar enfriar.
7. Pesar la cápsula (P3).

$$\% \text{ Humedad} = \frac{P.\text{Inicial} - P.\text{Final}}{P.\text{Inicial}} \times 100$$

1.11 Determinación de Ph

1. Calibrar el potenciómetro con buffer pH 4 y pH 7, según las instrucciones del fabricante.
2. Se pesan 10 gramos de muestra y se pica finamente con 90 ml de agua destilada.
3. Se realiza un filtrado por gravedad con papel filtro en forma de cónica recogiendo el líquido en un matraz o Erlenmeyer.
- 4.- Luego se procede a tomar la medición de pH.

1.12 Determinación de Cenizas

- 1.- De cada tratamiento evaluado se tomará una muestra de tocino.
- 2.- Cada muestra tendrá un peso de 3 gramos por duplicado (m2)

- 3.- Rotular el crisol de porcelana y pesar cada crisol y registrar su peso (m1).
- 4.- Colocar el crisol con muestra en la mufla apagada, encienda el equipo y prográmelo a una temperatura de 550 °C por 16 horas.
- 5.- Culminado el tiempo, apague la mufla y espere al menos por dos horas antes de retirar las muestras.
- 6.- Retire el crisol con ayuda de guantes y pinza, trasládalo a un desecador para enfriar a temperatura ambiente durante 45 a 60 min
- 7.- Culminado el tiempo, pese el crisol con las cenizas y registre su peso (m3).
- 8.- El contenido de cenizas se expresa como porcentaje (g/100 g de muestra), reemplace los valores en la siguiente fórmula:

$$\% \text{ de Cenizas} = \frac{(m3-m1)}{m2} \times 100$$

Dónde: m1 = Masa del crisol vacío (g). m2 = Muestra de tocino seca (g). m3 = Masa del crisol con cenizas (g).

2.0 Análisis estadístico

Prueba de homogeneidad de varianzas

Análisis de la varianza (Tabla 2), sólo si el valor de F resulte significativo se procederá a aplicar la prueba de rango múltiple de Tukey al comparar a los tratamientos.

Tabla 02. Esquema del análisis de la varianza del diseño irrestrictamente al azar

Fuente de Variación	Suma de Cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrado Medio	F
Media	Myy	1		
Tratamientos	Tyy	t - 1 = 3	T	T / E
Residual	Eyy	t(r-1) = <u>8</u>	E	
TOTAL	$\sum Y^2$	tr = 12		

III. RESULTADOS

3.1 Determinación de Absorbancia

Desde las mediciones con el “espectrofotómetro” se registraron los resultados de absorbancia para cada tratamiento experimental mostrados en la tabla N° 04.

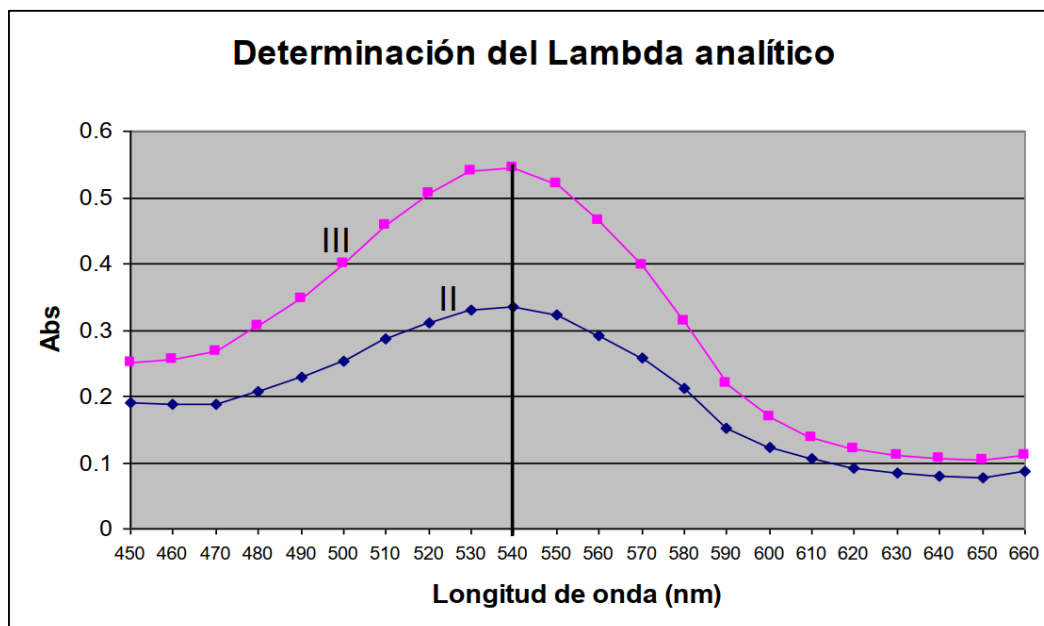
Se determinó el “Lambda analítico tomando los estándares II y III en el rango de 450 a 650 nm, introduciendo tres 3 muestras en cada una de las celdas (Blanco, solución II y III)”. Luego se calibró el espectrofotómetro con el Blanco, eligiendo en el menú la opción ESPECTRO y analizar las soluciones II y III.

Tabla N° 04: determinación del Lambda analítico

λ (nm)	450	460	470	480	490	500	510	520	530	540	550	560	570	580
“Abs II”	0.19	0.187	0.188	0.207	0.228	0.254	0.287	0.312	0.331	0.335	0.322	0.291	0.25	0.21
“Abs III”	0.25	0.255	0.268	0.305	0.347	0.399	0.458	0.507	0.539	0.544	0.52	0.466	0.39	0.31

Fuente: Elaboración propia.

Gráfico N° 01: Determinación del Lambda analítico



Fuente: Elaboración propia.

La incorporación y uso de conservantes químicos como el nitrito para la elaboración de productos cárnicos es imprescindible por la acción de control microbiano, inhibe *Clostridium botulinum*, y por la formación del color rosa característico de los productos curados, siendo el aditivo químico de cierta manera un problema toxicológico cuestionándose su uso en productos cárnicos (Ayala, 2016).

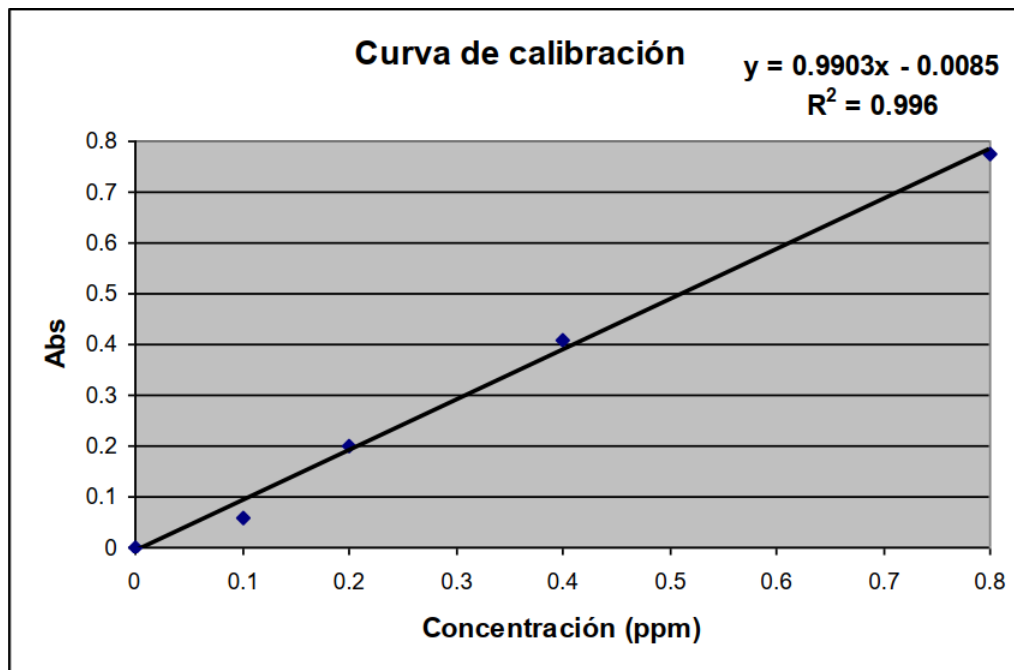
Luego en la tabla N° 05 y grafico N° 02 se presenta la curva de calibración para NO₂:

Tabla N° 05: concentraciones de NO₂ y sus absorbancias.

<u>Cc</u> (ppm)	<u>Abs.</u>
0	0
0.1	0.06
0.2	0.201
0.4	0.407
0.8	0.775

Fuente: Elaboración propia.

Gráfico N° 02: Curva de calibración de NO₂ y sus absorbancias.



Fuente: Elaboración propia.

En la tabla N°06 se describe los resultados de absorbancia de las muestras de cada tratamiento para la concentración de nitritos del tocino con diferentes niveles de apio en polvo.

Tabla N°06: Absorbancia de cada tratamiento.

TRATAMIENTO	Media NO ₂ mg/Kg	Desviación Std.	Std. Error	Minimo	Maximo
T1	7,77	0,0057	0,03198	7,70	7,84
T2	4,70	0,0298	0,02255	4,65	4,76
T3	2,74	0,0244	0,00629	2,73	2,76
T4	2,94	0,0163	0,01936	2,89	2,98
Apio	2.59	0,0005	0.00278	2.58	2.60

Fuente: Elaboración propia.

Los promedios obtenidos de los tratamientos evaluados con diferentes niveles de apio fueron de 7.77, 4.70, 2.74 y 2.94 de nitritos por kilogramo de tocino. Cabe destacar que las concentraciones de nitritos presentes en las muestras de tocino de los tratamientos analizados varían en un rango de 2.74 hasta 7.77 los resultados obtenidos indican que la concentración promedio de nitritos en los tratamientos evaluados no superan el límite establecido por el “Codex Alimentarius (125 ppm) e INDECOPI (200 mg/Kg)”. Así mismo se determinó la absorbancia para nitritos del concentrado de apio obteniéndose un valor de 2.59, lo que indicando una alta concentración de nitritos.

La opción de alternativas naturales con contenidos de nitritos y estudiado en Europa y EEUU donde el apio y beterraga vienen siendo estudiadas como posibles alternativas al que brinda aparentemente el nitrito comercial y muestra en los estudios realizados resultados aceptables (Gonzales, 2022).

Tabla N° 07: ANOVA para la absorbancia de los cuatro tratamientos experimentales.

	Suma de cuadrados	df	Mean Square	F	Sig.
Entre Grupos	65,005	3	21,668	11135,79	0,000*
Dentro de Grupos	0,023	12	0,002		
Total	65,029	15			

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla N° 07 podemos apreciar el análisis de varianza (ANOVA) de los resultados de absorbancia entre los tratamientos experimentales en la que se muestra que existe un grado de significancia estadístico de diferencias entre los grupos experimentales. Tales diferencias entre tratamientos experimentales pueden apreciarse en la comparación múltiple de Tukey en el punto 6.18 de los anexos.

Los beneficios de los nitritos y nitratos tienen restricciones de uso, dependiendo de su concentración, porque cuando se utilizan en exceso, pueden representar graves riesgos para la salud humana, por la formación de metahemoglobina tóxica y de nitrosaminas (Cleferon, 2025).

3.2 “Determinación de Humedad y Materia seca”.

Los valores obtenidos de los diferentes tratamientos con niveles de apio en el tocino se presentan en la tabla N° 08. De los resultados se observó que los tratamientos 01, 02, 03 y 04 con diferentes niveles de apio se obtuvo un 36.5%, 33.55%, 35.05% y 33.1% de materia seca, 63.5%, 66.35%, 64.95% y 66.9% de humedad en las muestras de tocino.

Se observa que los valores tanto de humedad como de materia seca son similares con una pequeña variación en los tratamientos N° 01 y 03 para la materia seca y humedad.

Tabla N.º 08: Materia seca y humedad en los tratamientos evaluados.

Materia Seca %	T1	T2	T3	T4
Muestra 01	34.9	33.7	36.7	30.9
Muestra 02	38.1	33.4	33.4	35.3
Media	36.5	33.55	35.05	33.1
Humedad %	T1	T2	T3	T4
Muestra 01	65.1	66.3	63.3	69.1
Muestra 02	61.9	66.4	66.6	64.7
Media	63.5	66.35	64.95	66.9

Fuente: Elaboración propia.

3.3. Determinación de cenizas

Los valores obtenidos en la determinación de ceniza de los diferentes tratamientos con niveles de apio en el tocino se presentan en la tabla N° 09. De los resultados se observó que los tratamientos 01, 02, 03 y 04 con diferentes niveles de apio en polvo se obtuvo un 4.33%, 4.33%, 4.30% y 4.00% de cenizas en las muestras de tocino.

Se observa que los valores de cenizas reflejan el contenido mineral contenido en las muestras evaluadas observándose una pequeña variación en los tratamientos N° 03 y 04 el cual estaría correlacionado con los porcentajes obtenidos para materia seca y humedad.

Tabla N.° 09: determinación de porcentaje de cenizas.

Cenizas %	T1	T2	T3	T4
Muestra 01	4.67	4.00	4.13	3.67
Muestra 02	4.00	4.67	4.47	4.33
Porcentaje	4.33	4.33	4.30	4.00

Fuente: Elaboración propia.

3.3. Determinación de pH

Los valores obtenidos en la determinación de pH de los diferentes tratamientos con niveles de apio en polvo en el tocino se presentan en la tabla N° 10. De los resultados se observó que los tratamientos 01, 02, 03 y 04 con diferentes niveles de apio se obtuvo un 6.45, 6.44, 6.13 y 6.33 de pH en las muestras de tocino.

Se observa que los valores de pH reflejan valores normales para este tipo de productos cárnicos comparados con los encontrados por Saba (2017) y Pereyra (2023) en paletas de cerdo cocidas con los resultados obtenidos no habiendo una diferencia significativa entre tratamientos.

Tabla N° 10: determinación de pH.

pH %	T1	T2	T3	T4
Muestra 01	6.50	6.40	6.10	6.29
Muestra 02	6.40	6.48	6.15	6.36
Porcentaje	6.45	6.44	6.13	6.33

Fuente: Elaboración propia.

En concordancia los tratamientos con nitritos y perfiles bioquímicos de vegetales asegura que al incrementarse el contenido de un vegetal de pH ácido reaccionara con el mismo efecto en el producto cárnico. Mostrando que, en este aspecto de reemplazo de los nitritos convencionales por vegetales, proporcionaron una estabilidad o mejora en los niveles de pH de los productos cárnicos (Gonzales, 2022).

IV. CONCLUSIONES

Bajo las condiciones en las que se realizó el presente trabajo de investigación se llegó a las siguientes conclusiones:

- En los tratamientos de tocino con diferentes niveles de concentración de nitritos de diferentes fuentes se encontró que el tratamiento N° 01 (100% de nitrito de sal de cura) fue de 7.77 NO₂ mg/Kg, el tratamiento N° 02 (50% de apio y 50% de nitrito de sal de cura) fue de 4.70 NO₂ mg/Kg, el tratamiento N° 03 (75% de apio en polvo y 25% de nitrito de sal de cura) fue de 2.74 NO₂ mg/Kg y el tratamiento N° 04 (100% de apio en polvo y 0% de nitrito de sal de cura) fue de 2.94 NO₂ mg/Kg. Observándose que en todos los tratamientos el tocino alcanzó un buen color de curado incluso el tratamiento N°03 obtuvo la coloración de curado adecuada.

De la determinación de materia seca para los tratamientos de tocino fueron de 36.5 %, 33.55%, 35.05% y 33.1%, de humedad: 63.5%, 66.35%, 64.95% y 66.9% para los tratamientos 01, 02, 03 y 04 respectivamente, no encontrándose diferencias significativas. Siendo el tratamiento N° 02 y N°04 los que obtuvieron menores valores de porcentajes de humedad y los de mayor materia seca.

Los niveles de cenizas de los tratamientos de tocino con diferentes niveles de apio en polvo se obtuvieron un 4.33%, 4.33%, 4.30% y 4.00% para los tratamientos N° 01,02,03 y 04 respectivamente, no encontrándose diferencias significativas entre ellos.

Los valores de pH de los tratamientos de tocino con niveles de apio en polvo se observaron que los tratamientos 01, 02,03 y 04 se obtuvo un 6.45, 6.44, 6.13 y 6.33 de pH en las muestras de tocino. Lo que refleja valores normales para el tipo de tocino elaborado.

V. RECOMENDACIONES

1. Incorporar el apio en polvo en la elaboración de tocino aprovechando su contenido de nitratos/nitritos de origen natural para obtener el curado, color y estabilidad microbiológica adecuada, reduciendo la cantidad de aditivos sintéticos.
2. Ampliar las investigaciones en otras fuentes naturales vegetales de alto contenido de compuestos nitrificantes, identificando alternativas viables que permitan la diversificación de opciones para el curado en productos cárnicos hacia alimentos saludables.
3. Fomentar el uso de apio en polvo como sustituto del aditivo nitrito de sodio, destacando su potencial tecnológico en la conservación y curado y el bajo consumo de aditivos químicos en la dieta.
4. Evaluar la aceptación sensorial y percepción del consumidor de productos curados con extractos naturales, ya que la aceptación del mercado es un factor determinante para la viabilidad de esta alternativa tecnológica.

VI. REFERENCIAS

- Adrian J. Polus J. Poiffait A. (2000) Análisis Nutricional de los Alimentos. España: Editorial Acribia. 2000 p. 148 - 152.
- Akbar Handb. (2020). “200 Med. Plant.: A Compr. Rev. Their Tradit. Med. Uses Sci. Justif. Handb. 200 Med. Plant. A Compr. Rev. Their Tradit. Med. Uses Sci. Justif., pp. 1-2055”.
- Ayala H; García C.;(2016). Efecto de la adición de ácido ascórbico en la degradación de nitratos y nitritos en mortadela. Revista Ciencia UNEMI Vol. 9, Nº 20, Septiembre 2016, pp. 85 – 92 ISSN 1390-4272.
<https://www.redalyc.org/pdf/5826/582663826012.pdf>
- Badui S; (1996) Diccionario de Tecnología de los alimentos, 1era edición, editorial Alhambra, México 1996.p.182-185.
- Carboni et al. (2020). “ Evaluación del extracto de apio (*Apium greveolens* L.) como agente de curado natural en la producción de salami tipo italiano con cultivos iniciadores autóctonos. Braz. J. of Develop., Curitiba, v. 6, n.5, p.25685-25702 may. 2020. ISSN 2525-8761”.
- Cleferton D. (2025). NITRATO E NITRITO EM ALIMENTOS EMBUTIDOS: Investiga  o sobre o conhecimento da popula  o para uma alimenta  o mais segura. Instituto Federal de Educa  o, Ci  ncia e Tecnologia de Goiás C  mpus Itumbiara Curso de Licenciatura em Química.
https://repositorio.ifg.edu.br/bitstream/prefix/2405/1/tcc_Deibde%20Cleferton%20Dias%20Santana.pdf
- Correa R. Ahumado M; Diaz I; Baldiris I; (2024). Evaluacion de la concentración de nitritos y nitratos en embutidos distribuidos en Cartagena, Colombia. Revista Cientifica Teknos. Volumen 24 N  01-julio 2024. ISSN 1900-7388.
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=9826613>
- Diaz N, Bárcenas A. R, Fernández E.R, et al.(2014) Espectrofotometría. Espectros de absorpci  n y cuantificación colorimetr  as de biomoléculas. Universidad de Rabanales.
- Donoso A. (2019) “Efecto de la incubación de jugo de apio (*Apium graveolens*) con bacterias ácido lácticas en el desarrollo de color y sabor de una formulación de chorizo. Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano Honduras”.
- Fernandes L. (2021) Validación de un método rápido y efectivo para la determinación de nitrato y nitrito en productos cárnicos. Brazilian Journal of Development. DOI:10.34117/bjdv7n1-230.
<https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BRJD/article/view/22919/18395>
- Frabra Y. (2023). Validación de un método analítico para la determinación de nitrito por espectrofotometría en aguas naturales y residuales. Universidad de Córdoba Facultad De Ciencias Básicas Programa De Química Montería Córdoba-

Colombia.

<https://repositorio.unicordoba.edu.co/server/api/core/bitstreams/287c3a78-b219-4519-b042-0a297d401b4b/content>

García M. O, García M, Cañas R. (1994). Centro Panamericano de Ecología Humana y Salud. División de Salud y Ambiente, Organización Panamericana de la Salud,

González L.; Chamorro R.; Gonzalez S. (2022). Análisis de la eficacia del uso de los nitritos vegetales como sustituto para los nitritos convencionales utilizados en embutidos. Departamento de Producción Agrícola y Animal, Universidad Autónoma Metropolitana – Xochimilco, Cd. de México, México. <https://actadecienciaensalud.cutonala.udg.mx/index.php/ACS/article/view/175/103>

Hanuska A. (2024). “Effect of nitrate-reducing bacteria and celery root (*apium graveolens* var. *rapaceum*) on the sensory properties of dried meat biltong”. Slovak University of Agriculture in Nitra, Faculty of Biotechnology and Food Science, Institute of Food Science, Tr. A. Hlinku 2, 949 76 Nitra, Slovakia. <https://office2.jmbfs.org/index.php/JMBFS/article/view/11137/3623>

Hoyos R. T. (2020). “Validación de un método analítico para la determinación de nitrito y nitratos en agua potable, natural y residual por espectrometría UV-VIS. Universidad de Córdoba.Montería”- Colombia.

Huanca D. (2010). Determinación de nitritos y nitratos en hot dogs de consumo directo por estudiantes del 5º y 6º grado de educación primaria del distrito de Villa el Salvador. Universidad Nacional Mayor De San Marcos Facultad De Farmacia Y Bioquímica. Lima.

Khairullah, T. Solikhah, A. Ansori, A. Hidayatullah, E. Hartadi, S. Ramandinianto, A. Fadholly (2021). “Review on the pharmacological and health aspects of *Apium graveolens* or celery: an update Syst. Rev. Pharm., 12, pp. 595-601”.

Lagla, Ch. (2024). “Evaluación de 3 niveles de apio (*apium graveolens*) al 10%, 20% y 30% en el agua de bebida como suplemento alimenticio en la crianza de los pollos broiler en la parroquia Eloy Alfaro. Universidad Técnica de Cotopaxi Facultad De Ciencias Agropecuarias”. Ecuador. <https://repositorio.utc.edu.ec/server/api/core/bitstreams/af294b7e-e7b9-4494-baa0-c33050724fdf/content>

Luck E. (1977). Conservación química de los alimentos. Sustancias, acciones, métodos. Editorial Acribia.. p.84-92.

Martínez-Zamora, L.; Peñalver, R.; Ros, G.; Nieto, G. (2021). Substitution of synthetic nitrates and antioxidants by spices, fruits and vegetables in clean label Spanish chorizo. Food Res. Int. 2021, 139, 109835.

Mehraj, M. Alam Karafs (2024). “(*Apium graveolens* Linn) An in-depth review of its historical context, therapeutic properties, ethno pharmacological applications, and scientific research J. Pharm. Phytochem, 13, pp. 401-405”.

- Monterroza J.; (2021). Efecto de la cantidad de nitrito y nitratos, y la adición de especias sobre la calidad sensorial de un producto cárnico, tipo chorizo. GIPAMA - Revista del grupo de investigación GIPAMA. Volumen 3, (97 a 100) Enero - Diciembre 2021.
- Mora A. (2021). "Determinación de nitrito de sodio en un embutido por espectrofotometría visible mediante el reactivo de Griess. Escuela de Química, Facultad de Ciencias Básicas, Universidad de Costa Rica". https://www.researchgate.net/profile/Adrian_Eizondo/publication/350088497_Determinacion_de_nitrito_de_sodio_en_un_embutido_por_espectrofotometria_visible_mediante_el_reactivo_de_Griess/links/605030f5a6fdccbfeae1d49c/Determinacion-de-nitrito-de-sodio-en-un-embutido-por-espectrofotometria-visible-mediante-el-reactivo-de-Griess.pdf
- Njoku U., J. Elijah, L.I. Offor, Okoli CO. (2011). "Antioxidant properties of apium graveolens Res. J. Pharm. Phytochem, 3 (2011), pp. 201-205".
- NTP 201.048-1. (1999). "Carne y productos cárnicos. Aditivos Alimentarios Parte 1: Definición, clasificación y requisitos. 1^{da} edición".
- "Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) y Organización Mundial de la Salud (OMS). Codex Alimentarius. 1994. Volumen 10. Carne y productos cárnicos incluidos los bouillons y consomés". pp. 1-235.
- "Organización Mundial de la Salud. Nitratos, Nitritos y Compuestos de N-Nitroso. Serie Vigilancia 13".
- Ostle, B. (1979). Estadística Aplicada. Limusa. México. 629 pp.
- Pennisi, L.; Verrocchi, E.; Paludi, D.; Vergara, A. (2020). Effects of vegetable powders as nitrite alternative in Italian dry fermented sausage. Ital. J. Food Saf. 2020, 9, 132–136.
- Pereyra P;(2023). "Importancia del bienestar animal y su incidencia en cambios de temperatura, pH y aspecto de cortes de carne de cerdos en la cooperativa frigorífica de Leandro N. ALEM. Facultad De Ciencias Veterinarias- Universidad Nacional del Noreste". https://repositorio.unne.edu.ar/bitstream/handle/123456789/54771/RIUNNE_FVE_T_FG_Pereyra_PM.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Punia S.; et al (2022). Bioactive potential of beetroot (*Beta vulgaris*). Food Research International Volume 158, August 2022, 111556. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2022.111556>
- Rojas P., (2023) "Determinación del contenido de nitrito de sodio en dos productos cárnicos por medio de cromatografía de iones en la región occidente en Costa Rica. Universidad de Costa Rica". <https://orcid.org/0000-0002-1399-9293>
- Saba J. (2017). Análisis físicoquímicos de paletas de cerdo cocido existentes en el mercado. Facultad de Ciencias Veterinarias -UNCPBA. Buenos Aires- Argentina.

<https://www.ciap.org.ar/Sitio/Archivos/analisisfisicoquimicodepaletasdecerdos.pdf>

- Scheffler, E. (1982). Bioestadística. Fondo Educativo Interamericano. EE. UU. de N. A.
- Solórzano B. (2024). Sustitución de las sales de cura por extractos vegetales para la elaboración de salami. Universidad de Cuenca. Facultad de Ciencias Químicas. Ecuador. <https://rest-dspace.ucuenca.edu.ec/server/api/core/bitstreams/ac06a4f4-7450-4aae-ac11-909420980eef/content>
- Takayuki L. (1996). Introducción a la Toxicología de los alimentos. España: Editorial Acirbia S.A; 1996. p. 187-193.
- Tavakoli S., F. Khalighi-Sigaroodi, N.K. Dehaghi, M. Yaghoobi, R. Hajiaghaee, A. Gholami, R. Ghafarzadegan (2022). “Isolation and purification of apigenin, quercetin and apigenin 7-O-glycoside from *Apium graveolens* L., *Petroselinum crispum* (Mill.) Fuss, *Allium cepa* L., respectively J. Med Plants, 21, pp. 72-86”.
- Tea Agić; Maja Rečić; Dorotea Piškor; Marina Posavec; Dubravka Marija Kreković (2023). Analysis of nitrate and nitrite content in meat products without added additives. MESO. No4.July – August. Vol.XXV. <https://doi.org/10.31727/m.25.4.1>
- Vargas del Río L, Taborda G. (2005) Evolución bioquímica de salchichas tipo Frankfurt antes de su consumo. Revista Universidad de Caldas. 2005 Dic: 133 – 144.
- Villegas G. (2019) Determinación de nitratos por espectrofotometría UV-Visible en productos cárnicos. Laboratorio salud pública.
- World Health Organization. 1995. Evaluation of certain Food Additives and Contaminants. Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives. Technical Report Series; 859. Geneva: WHO. P 36-43.

6.0 Registro Fotográfico

6.1. Pesado de Aditivos



6.2. Pesado de Aditivos



6.3. Tocino curado. Tratamiento 01, 02, 03 y 04 con diferentes niveles de apio.



6.4. Tocino curado. Tratamiento 01, 02, 03 y 04 con diferentes niveles de apio.



6.5 “Determinación de humedad y materia seca del tocino”.



6.6 “Determinación de humedad y materia seca del tocino”.



6.7 Determinación de cenizas



6.8 Determinación de cenizas de los tratamientos de tocino.



6.9 Procesamientos de muestras para espectrometría (triturar).



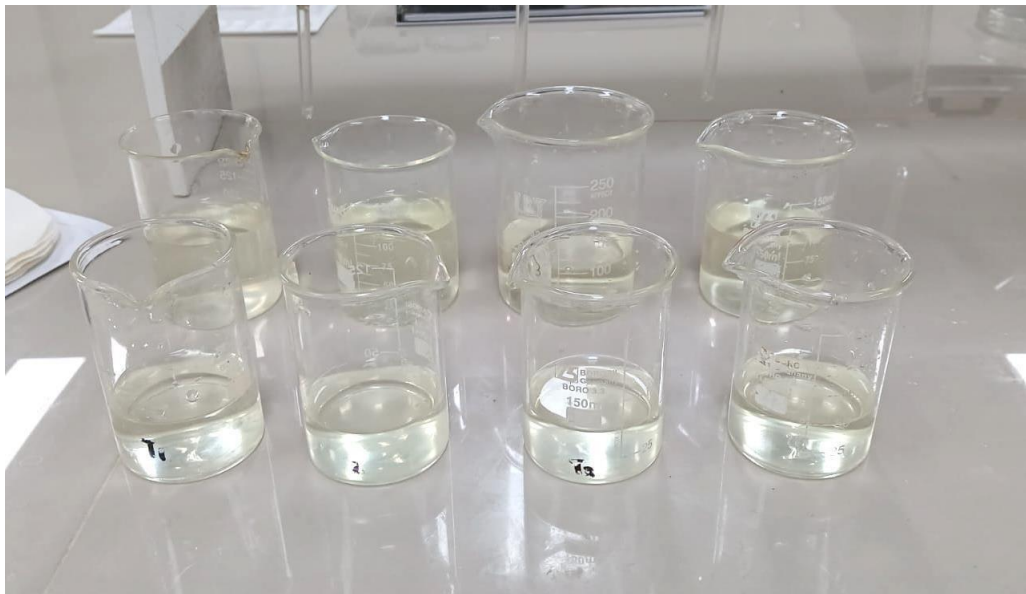
6.10 Procesamientos de muestras para espectrometría (homogenizado).



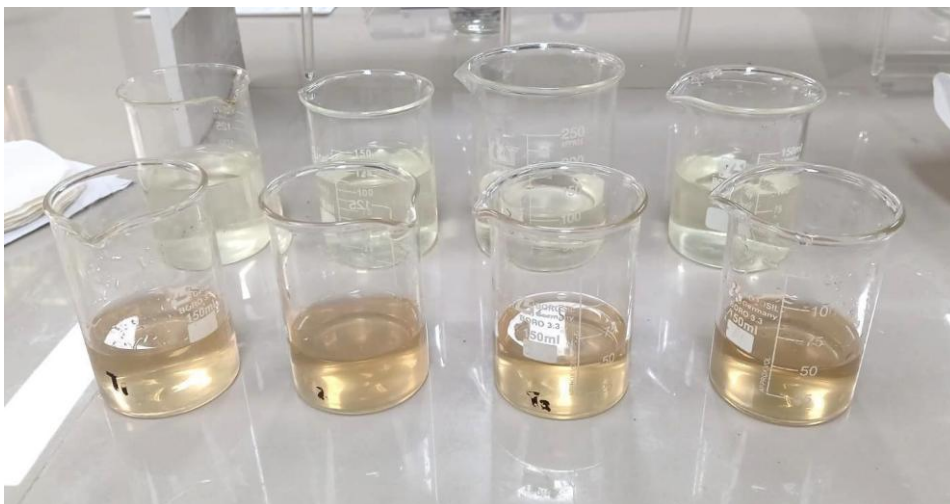
6.11 Procesamientos de muestras para espectrometría (filtrado).



6.12 Procesamientos de muestras para espectrometría (filtrado).



6.13. Muestras listas para determinación de absorbancia.



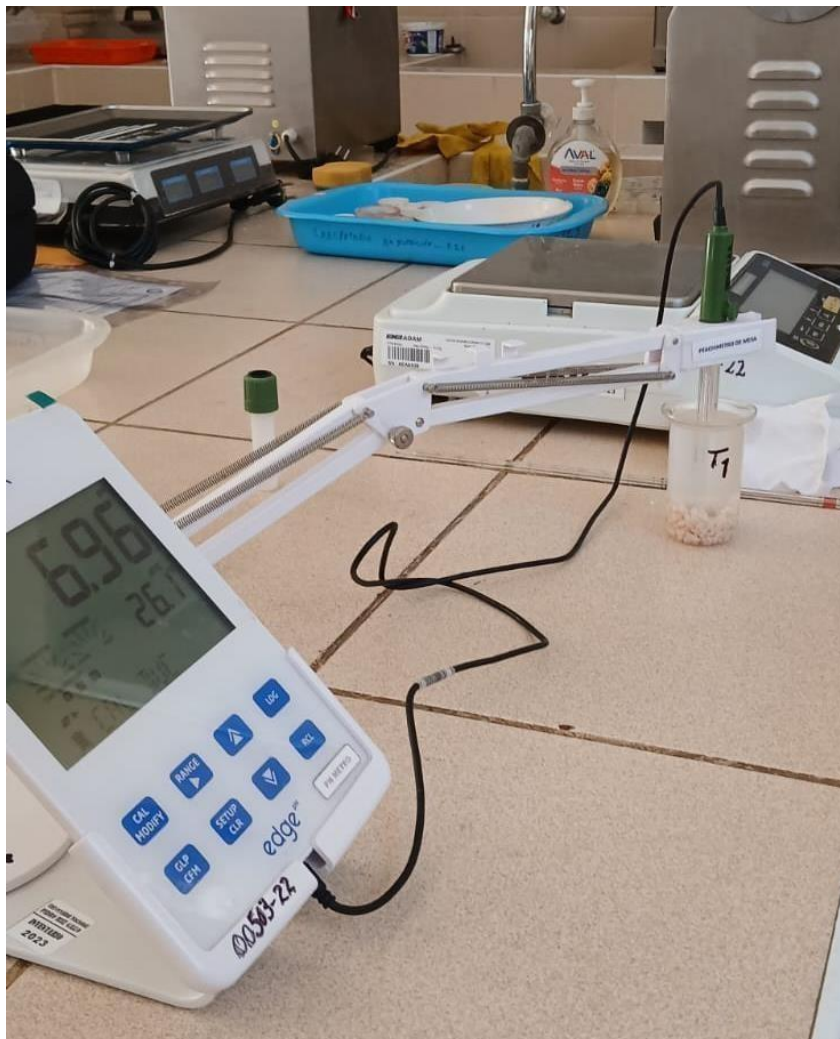
6.14 Determinación de absorbancia con el espectrómetro



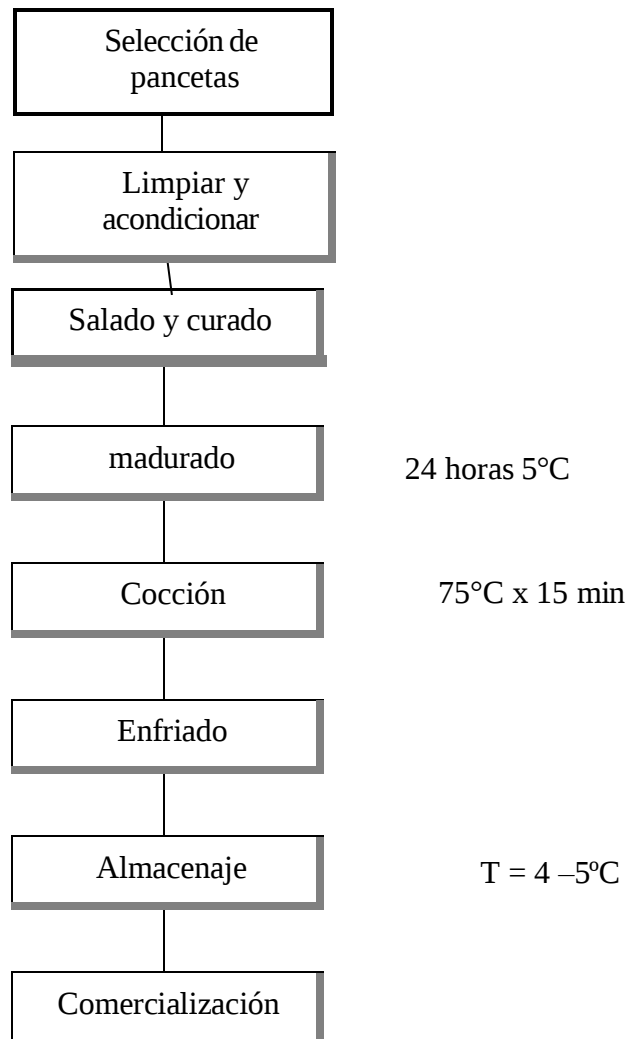
6.15 Determinación de absorbancia con el espectrómetro



6.16. Determinación de ph de las muestras de tocino



6.17 Flujograma para la Elaboración de Tocino



6.18.- “Comparaciones Múltiples para la absorbancia de cada tratamiento”.

	“(I)” FactorTRATA	“(J)” FactorTRATA	“Mean Difference” (I-J)	“Std. Error”	“Sig.”	“95% Confidence Interval”	
						“Lower Bound”	“Upper Bound”
Tukey HSD		“Tratamiento 2”	-1,76250	,01497	,000	-1,8069	-1,7181
	Tratamiento 1	Tratamiento 3	-,02500	,01497	,379	-,0694	,0194
		Tratamiento 4	-,22500	,01497	,000	-,2694	-,1806
	Tratamiento 2	Tratamiento 1	1,76250	,01497	,000	1,7181	1,8069
		Tratamiento 3	1,73750	,01497	,000	1,6931	1,7819
		Tratamiento 4	1,53750	,01497	,000	1,4931	1,5819
	Tratamiento 3	Tratamiento 1	,02500	,01497	,379	-,0194	,0694
		Tratamiento 2	-1,73750	,01497	,000	-1,7819	-1,6931
		Tratamiento 4	-,20000	,01497	,000	-,2444	-,1556
	Tratamiento 4	Tratamiento 1	,22500	,01497	,000	,1806	,2694
		Tratamiento 2	-1,53750	,01497	,000	-1,5819	-1,4931
		Tratamiento 3	,20000	,01497	,000	,1556	,2444
Scheffe	Tratamiento 1	Tratamiento 2	-1,76250	,01497	,000	-1,8109	-1,7141
		Tratamiento 3	-,02500	,01497	,456	-,0734	,0234
		Tratamiento 4	-,22500	,01497	,000	-,2734	-,1766
	Tratamiento 2	Tratamiento 1	1,76250	,01497	,000	1,7141	1,8109
		Tratamiento 3	1,73750	,01497	,000	1,6891	1,7859
		Tratamiento 4	1,53750	,01497	,000	1,4891	1,5859
	Tratamiento 3	Tratamiento 1	,02500	,01497	,456	-,0234	,0734
		Tratamiento 2	-1,73750	,01497	,000	-1,7859	-1,6891
		Tratamiento 4	-,20000	,01497	,000	-,2484	-,1516
	Tratamiento 4	Tratamiento 1	,22500	,01497	,000	,1766	,2734
		Tratamiento 2	-1,53750	,01497	,000	-1,5859	-1,4891
		Tratamiento 3	,20000	,01497	,000	,1516	,2484
LSD	Tratamiento 2	Tratamiento 1	-1,76250	,01497	,000	-1,7951	-1,7299
		Tratamiento 3	-,02500	,01497	,121	-,0576	,0076
		Tratamiento 4	-,22500	,01497	,000	-,2576	-,1924

*. The mean difference is significant at the 0.05 level.