UNIVERSIDAD ESTATAL DE BOLIVAR

Facultad de Ciencias Agropecuarias, Recursos Naturales y del Ambiente

Carrera de Agroindustrias

Tema:

SUSTITUCIÓN DE NITRITO DE SODIO POR EXTRACTO DE APIO *(Apium graveolens)* Y SU INFLUENCIA EN LA CALIDAD DE SALCHICHA FRANKFURT.

Proyecto de Investigación previo a la obtención del título de Ingeniería Agroindustrial otorgado por la Universidad Estatal de Bolívar a través de la Facultad de Ciencias Agropecuarias, Recursos Naturales y del Ambiente, Carrera de Agroindustrias.

Autores:

Kenneth David Castro Ladino

Willian David Illapa Morales

Tutor:

Ing. José Luis Altuna, MsC

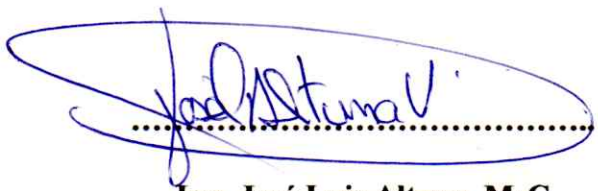
Guaranda – Ecuador

2025

TEMA:

SUSTITUCIÓN DE NITRITO DE SODIO POR EXTRACTO DE APIO *(Apium graveolens)* Y SU INFLUENCIA EN LA CALIDAD DE SALCHICHA FRANKFURT.

REVISADO Y APROBADO POR:



Ing. José Luis Altuna, MsC

TUTOR



Ing. Alim. Patricia Iza PhD.

PAR LECTOR (A)



Ing. Darwin Núñez Torres MSc.

PAR LECTOR (A)

CERTIFICACIÓN DE AUTORIA

Yo **Kenneth David Castro Ladino**, con C.I. **0201935657** y **Willian David Illapa Morales** con C.I. **0605141324**, respectivamente, declaramos que el trabajo y los resultados presentados en este informe, no han sido previamente presentados para ningún grado o calificación profesional; y, que las referencias bibliográficas que se incluyen han sido consultadas y citadas con su respectivo autor(es).

La Universidad Estatal de Bolívar, puede hacer uso de los derechos de publicación correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, su Reglamentación y la Normativa Institucional vigente.

Kenneth David Castro Ladino
C.I. 0201935657
e-mail: kecastro@mailes.ueb.edu.ec
Teléfono: 0979365997

Willian David Illapa Morales
C.I. 0605141324
e-mail: willapa@mailes.ueb.edu.ec
Teléfono: 0963759735

NOTARIA CUARTA DEL CANTON GUARANDA

Ing. José Luis Altuna Vásquez, MSc
C.I. 1802538056
e-mail: jaltuna@ueb.edu.ec
Teléfono: 0992699468

ESCRITURA N°20250201004P00209

DECLARACIÓN JURAMENTADA

OTORGAN:
KENNETH DAVID CASTRO LADINO Y
WILLIAN DAVID ILLAPA MORALES
CUANTÍA: INDETERMINADA
Di 2 COPIA

P.A.
En el Cantón Guaranda, Provincia Bolívar, República del Ecuador, hoy miércoles a los doce días del mes de marzo del año dos mil veinticinco, ante mi **DOCTORA MSc. GINA LUCIA CLAVIJO CARRION, NOTARIA CUARTA DEL CANTÓN GUARANDA,** comparecen con plena capacidad, libertad y conocimiento, a la celebración de la presente escritura, el señor: **KENNETH DAVID CASTRO LADINO**, de estado civil soltero y el señor **WILLIAN DAVID ILLAPA MORALES**, de estado civil soltero, ambas partes por sus propios y personales derechos en calidad de **COMPARECIENTES.** Los comparecientes declaran ser de nacionalidad ecuatoriana, mayores de edad, de estado civil solteros ambas partes, de ocupación estudiantes ambas partes, domiciliados el primero en comparecer en la parroquia Gabriel Ignacio Veintimilla, cantón Guaranda, provincia Bolívar, con número celular cero nueve siete nueve tres seis cinco nueve nueve siete; y, con correo electrónico kdcladino@hotmail.com; y, el segundo en comparecer domiciliado en la parroquia Guamote, cantón Guamote, provincia Chimborazo y de paso por este cantón Guaranda provincia Bolívar, con teléfono celular número cero nueve seis tres siete cinco nueve siete tres cinco; y, con correo electrónico illapamoralesw96@gmail.com; hábiles en derecho para contratar y contraer obligaciones, a quienes de conocerles doy fe, en virtud de haberme exhibido sus documentos de identificación cuyas copias fotostáticas debidamente certificadas por mí y además a petición expresa de los comparecientes adjunto sus cedulas y certificados de votación como habilitantes. Advertidos los comparecientes por mí la Notaria de los efectos y resultados de esta escritura, así como examinados que fueron en forma aislada y separada de que comparecen al otorgamiento de esta escritura sin coacción, amenazas, temor reverencial, ni promesa o seducción instruidos por mí de la obligación que tienen de decir la verdad con claridad y exactitud; y, advertidos sobre la gravedad del juramento y de las penas de perjurio, me solicitan que recepte su declaración juramentada. Nosotros: **KENNETH DAVID CASTRO LADINO**, de estado civil soltero y el señor **WILLIAN DAVID ILLAPA MORALES**, de estado civil soltero, declaramos bajo juramento que: Los criterios e ideas emitidos en el presente proyecto de investigación, es de nuestra absoluta autoría, titulado: **SUSTITUCIÓN DE NITRITO DE SODIO POR EXTRACTO DE APIO (*Apium graveolens*) Y SU INFLUENCIA EN LA CALIDAD DE SALCHICHA FRANKFURT.** Previo a la obtención del título de Ingenieros Agroindustriales, otorgado por la Universidad Estatal de Bolívar, a través de la Facultad de Ciencias Agropecuarias, Recursos Naturales y del Ambiente.- Es todo cuanto podemos declarar en honor a la verdad.- Para su celebración y otorgamiento se observaron los preceptos de ley que el caso requiere y leída que les fue íntegramente a los comparecientes por mí la Notaria, aquellos se afirman y ratifican en la aceptación de su total contenido y firman junto conmigo en unidad de acto, incorporando al protocolo de esta Notaria la presente escritura de Declaración Juramentada, de todo lo cual doy Fe.----------

SR. KENNETH DAVID CASTRO LADINO.
C.C. 0701943565-7

William

SR. WILLIAN DAVID ILLAPA MORALES.
C.C. 0605141324

DOCTORA MSc. GINA CLAVIJO CARRION.
NOTARIA CUARTA DEL CANTÓN GUARANDA.

NOTARIA CUARTA DEL CANTON GUARANDA

Kenneth David Castro Ladino Willian David Illapa ...

BORRADOR PDF - copia.docx

Patricio Pachala
Patricio Pachala
Universidad Estatal de Bolivar

Detalles del documento

Identificador de la entrega
trn:oid:::3117:438603097

Fecha de entrega
11 mar 2025, 4:33 p.m. GMT-5

Fecha de descarga
12 mar 2025, 11:30 a.m. GMT-5

Nombre de archivo
BORRADOR PDF - copia.docx

Tamaño de archivo
17.1 MB

106 Páginas

19,362 Palabras

105,847 Caracteres

4% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

Filtrado desde el informe

- Trabajos entregados
- Fuentes de Internet

Fuentes principales

0%	Fuentes de Internet
4%	Publicaciones
0%	Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.° de alertas de integridad para revisión

No se han detectado manipulaciones de texto sospechosas.

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.

Ing. José Luis Altuna MSc.
Tutor

DEDICATORIA

Este trabajo, que representa años de esfuerzo y dedicación, lo quiero dedicar a las personas que más significan en mi vida. A mi papá, Ernesto, por ser el primero en llamarme Ingeniero y mi apoyo en cada momento su amor y sacrificio han sido la base de mis logros, y cada paso que he dado en mi carrera lleva tus enseñanzas y valores. A mi mamá, Silvana, por su ternura y fortaleza, siempre a mi lado, dándome fuerzas cuando más lo necesitaba y celebrando mis victorias como si fueran suyas.

A mis hermanas, Adriana y Pamela, quienes han sido mis cómplices y mis mejores amigas; Pamelu, tu perseverancia me inspira a seguir por todo el sacrificio que hizo para llegar a este gran logro, y Adriana, tus risas han hecho que este camino sea mucho más llevadero. A mi sobrina Linda, que con su inocencia me recuerda la belleza de los pequeños momentos; tu alegría me enseña a no perder de vista lo que realmente importa. A Kiara, mi perrita, por salvarme a un inicio de no echar la toalla y darme su amor incondicional durante las largas horas de estudio, a Salmon, mi gato, por llegar en el momento indicado para calmarme con su presencia en los momentos de estrés.

A mis amigos, que han estado a mi lado, compartiendo risas y lágrimas; su apoyo ha sido fundamental para mantenerme motivado. Y finalmente, a Dios, por darme la fuerza para superar los desafíos y por guiarme en cada paso. Sin Su luz, nada de esto habría sido posible. Este trabajo es un homenaje a todos ustedes, que han sido mis pilares y han hecho posible este logro.

David Castro Ladino

AGRADECIMIENTO

Estoy inmensamente agradecido con mi familia de Guaranda, quienes han sido una parte del soporte a lo largo de mi vida y en este camino académico. Su cariño incondicional y apoyo constante me han alentado a superar cada desafío que se ha presentado. En especial, quiero recordar con mucho cariño a mi abuela, cuyo legado vive en mi corazón. Gran parte de los valores y enseñanzas que me han guiado con el tiempo y cariño que pudimos compartir los llevo muy presente. Mi abuelo Ángel y mi abuela Isabel su apoyo incondicional y su ejemplo de esfuerzo y dedicación siempre será una fuente de inspiración para mi vida, tanto personal como profesional.

También quiero expresar mi agradecimiento a la Universidad Estatal de Bolívar. Este lugar no solo me permitió crecer académicamente, sino que me brindó las herramientas necesarias para desarrollarme en el ámbito agroindustrial. Un reconocimiento especial va para mi tutor, el Ing. José Luis Altuna, por su guía y apoyo durante todo el proceso de esta tesis. Su experiencia y paciencia fueron claves para alcanzar este logro, y me siento profundamente agradecido por haber contado con su acompañamiento en este importante paso.

David Castro Ladino

DEDICATORIA

Este trabajo realizado con todo el esmero, dedicación y amor se la dedico a Dios, principalmente por ser mi fuente infinita de sabiduría y fortaleza, quien me guio con su luz en cada paso de este camino y por haberme brindado la paciencia para perseverar, la claridad para comprender y la fe para seguir adelante, este logro es un reflejo de su amor y misericordia. A ti, toda la gloria y honra, por ser mi guía inquebrantable en todos los momentos.

También quiero dedicárselo a mis queridos Padres Luis y María, cuyo amor incondicional han sido mi mayor fuente de inspiración, por creer en mí y enseñarme el valor del esfuerzo y dedicación. De manera muy especial a mi querida Madrecita por estar siempre a mi lado con su apoyo, sus oraciones y amor infinito, quien a lo largo de su vida me ha inculcado la cultura del trabajo y estudio, esta tesis es un testimonio de su sacrificio y amor, y me llena de orgullo honrarlo de esta manera. Su dedicación y compromiso con mi educación son un regalo que valoro más allá de las palabras. Los amo profundamente.

A mis apreciados hermanos Maggy, Luis y Silvia que con su amor me han enseñado a salir adelante. Por ser siempre mi fuerza, mi compañía y mi mayor fuente de alegría. Gracias por su apoyo constante, por las risas compartidas y por estar a mi lado en cada paso, incluso cuando los desafíos parecían insuperables. Gracias por su paciencia, por preocuparse por su hermano menor, por compartir sus vidas conmigo como más que cualquier amigo y por estar en momentos únicos e importantes en mi vida. Esta tesis también es de ustedes, porque sin su amor, motivación y apoyo incondicional no habría llegado hasta aquí y me llena de orgullo honrarlos de esta manera. Los quiero mucho hermanitos.

Willian Illapa Morales

AGRADECIMIENTO

Quiero dedicar unas palabras de profundo agradecimiento a mis Padres y mis queridos Hermanos quienes han sido mi mayor apoyo y fuente de inspiración a lo largo de toda mi vida. Gracias por su amor incondicional y por su sacrificio constante para brindarme la oportunidad de alcanzar mis sueños. Su ejemplo de esfuerzo, dedicación y valentía me ha enseñado lecciones que van más allá de los libros. Este logro es, sin lugar a dudas, el reflejo de su amor y su confianza en mí.

También deseo expresar mi más sincero agradecimiento a la Universidad Estatal de Bolívar, Facultad de Ciencias Agropecuarias Recursos Naturales y del Ambiente, Carrera de Agroindustrias por brindarme la oportunidad de formarme y crecer tanto personal como profesionalmente. Gracias a todos los docentes, personal administrativo y compañeros que han sido parte fundamental de este proceso. La formación recibida, los conocimientos adquiridos y los valores inculcados en esta institución han sido claves para alcanzar esta meta. Agradezco profundamente el ambiente académico de excelencia y el compromiso de cada uno de quienes contribuyen al desarrollo de esta universidad. Este logro también les pertenece.

El agradecimiento también al Departamento de Investigación y Vinculación y Al Complejo Agroindustrial por brindarme las herramientas, los recursos y el espacio necesario para llevar a cabo mi investigación. Agradezco de manera especial a todo el personal técnico, por su orientación, paciencia y disposición para compartir su conocimiento y experiencia, lo que me permitió superar los desafíos y avanzar en el desarrollo de este trabajo. Sin el apoyo y la infraestructura de estos laboratorios, este proyecto no hubiera sido posible.

Willian Illapa Morales

ÍNDICE DE CONTENIDO

DEDICATORIA V

AGRADECIMIENTO VI

RESUMEN XV

SUMMARY XVI

CAPÍTULO I 1

1.1. INTRODUCCIÓN 1

1.2. PROBLEMA 2

1.2.1. Planteamiento del problema. 2

1.2.2. Formulación del problema. 2

1.3. OBJETIVOS 3

1.3.1. Objetivo General 3

1.3.2. Objetivos Específicos 3

1.4. HIPÓTESIS 4

1.4.1. Hipótesis NulaHo 4

1.4.2. Hipótesis Alterna HA 4

CAPÍTULO II 5

2. MARCO TEÓRICO 5

2.1. EL APIO *(Apium graveolens).* 5

2.1.1. Generalidades del Apio. 5

2.1.2. Taxonomía del Apio. 6

2.1.3. Composición nutricional del Apio. 6

2.1.4. Principios bioactivos del Apio. 7

2.1.5. Propiedades y beneficios del Apio. 8

2.1.6. El Apio como fuentes de nitritos. 10

2.2. LOS NITRITOS. 11

2.2.1. Uso de los nitritos en la industria alimentaria de embutidos. 11

2.2.2. Formación de compuestos cancerígenos. 11
2.2.3. Consecuencias por el uso de nitritos en la salud. 12
2.2.4. Normas NTE INEN 784 para usos permitidos de nitritos. 12
2.2.5. Desventajas del uso de nitrito en la industria cárnica. 13
2.3. TÉCNICAS DE EXTRACCIÓN. 13
2.3.1. La extracción con disolventes (etanol). 13
2.3.2. Extracción sólido líquido. 13
2.4. LA MACERACIÓN. 14
2.4.1. Proceso de maceración del Apio. 14
2.4.2. Usos y beneficios del extracto de apio. 15
2.5. LA LIOFILIZACIÓN. 16
2.5.1. Importancia de la liofilizacion. 17
2.5.2. Proceso de liofilización de Apio. 17
2.5.6. Factores que influyen en la liofilización. 18
2.5.3. Ventajas del proceso de liofilización. 19
2.5.4. Aplicaciones de la liofilización. 19
2.5.5. Esquema de un equipo liofilizador. 20
2.6. EMBUTIDOS CÁRNICOS. 20
2.6.1. Tipos de embutidos. 20
2.6.2. Embutidos escaldados. 21
2.6.3. Proceso de escaldado de los embutidos. 21
2.6.4. La salchicha Frankfurt. 21
2.6.5. Normas NTE INEN 1942 para embutidos escaldados. 22
CAPÍTULO III 23
3. MARCO METODOLÓGICO. 23
3.1. UBICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN. 23
3.1.1. Localización de la investigación. 23

3.1.2. Zona de vida 23
3.1.3. Situación geográfica y edafoclimática. 23
3.2. MATERIALES. 24
3.2.1. Materiales y Equipos de Experimentación. 24
3.2.2. Materias primas para la elaboración de la salchicha Frankfurt. 24
3.2.3. Insumos y Aditivos para la salchicha Frankfurt. 24
3.2.5. Equipos para la elaboración de la salchicha Frankfurt. 24
3.2.6. Materiales para la elaboración de la salchicha Frankfurt. 25
3.2.7. Insumos y reactivos de laboratorio de investigación. 25
3.2.8. Materiales de laboratorio de investigación. 25
3.2.9. Equipos de laboratorio de investigación. 26
3.2.10. Indumentaria de protección personal. 27
3.3. METODOLOGÍA. 28
3.3.1. Material en estudio. 28
3.3.2. Factores de estudio. 28
3.3.3. Tratamientos. 28
3.3.4. Descripción técnica del ensayo. 29
3.3.5. Tipo de diseño experimental o estadístico. 29
3.3.6. Modelo matemático del diseño. 29
3.3.7. Métodos de evaluación y datos a tomarse. 30
3.3.8. Análisis de varianza ANOVA. 30
3.3.9. Pruebas de rangos múltiples. 30
3.4. MANEJO DE LA INVESTIGACIÓN. 31
3.4.1. Obtención del extracto de Apio por el método de maceración. 31
3.4.2. Diagrama de flujo del proceso de maceración del extracto de Apio. 32
3.4.3. Proceso de liofilización del extracto del Apio. 33
3.4.4. Diagrama de flujo del proceso de liofilización del extracto del Apio. 34

3.4.5. Formulación para la elaboración de la salchicha Frankfurt. 34
3.4.6. Proceso para la elaboración de la salchicha Frankfurt. 35
3.4.7. Diagrama de flujo de la elaboración de la salchicha Frankfurt. 37
3.4.8. Determinación bromatológica del extracto de Apio liofilizado. 37
3.4.8.1. Antioxidantes 37
3.4.8.2. Flavonoides 38
3.4.8.3. La espectroscopía infrarroja transformada de Fourier (FTIR) 38
3.4.9. Determinación de las propiedades fisicoquímicas de la salchicha. 38
3.4.9.1. Humedad 38
3.4.9.2. Cenizas 39
3.4.9.3. pH 39
3.4.9.5. Nitrito residual 40
3.4.10. Evaluación microbiológica de la salchicha Frankfurt. 40
CAPITULO IV 41
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN. 41
4.1. Obtención del extracto de Apio. 41
4.1.1. Obtención del liofilizado y pulverizado del extracto de Apio. 41
4.1.2. Análisis de antioxidantes del extracto de Apio. 42
4.1.3. Análisis de flavonoides del extracto de Apio. 43
4.1.4. Determinación del (FTIR) del extracto de Apio. 44
4.2. Elaboración de la salchicha Frankfurt con extracto de Apio. 46
4.3. Análisis físico – químicos de la salchicha Frankfurt. 48
4.3.1. Análisis microbiológicos de la salchicha Frankfurt. 49
4.3.2. Anova para determinar el análisis de diferencia en el pH 50
4.3.2.1. Análisis de varianza para la variable pH 50
4.3.3. Anova para los parámetros sensoriales de la calidad de la salchicha. 52
4.3.3.1. Análisis de varianza para la variable de Olor. 52

4.3.3.2. Análisis de varianza para la variable de Color 53
4.3.3.3. Análisis de varianza para la variable de Sabor. 55
4.3.3.4. Análisis de varianza para la variable de Textura. 56
4.3.3.5. Análisis de varianza para la variable de Aceptabilidad. 58
4.3.3.6. Análisis de nitritos totales en el mejor tratamiento de la salchicha. 59
4.4. COMPROBACIÓN DE HIPÓTESIS 60
4.4.1. Hipótesis Nula. Ho: 60
4.4.2. Hipótesis Alterna HA 60
4.4.3. Verificación de hipótesis. 60
CAPÍTULO V 61
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 61
5.1. CONCLUSIONES 61
5.2. RECOMENDACIONES 63
BIBLIOGRAFÍA 64
ANEXOS 69

ÍNDICE DE FIGURAS

N°	Detalle	Pág.
1.	Tallo de Apio.	5
2.	Macerado de Apio fresco.	14
3.	Fundamento de la técnica de sublimación.	16
4.	Proceso y etapas de la liofilización.	17
5.	El diseño de un esquema del equipo liofilizador.	20
6.	Diagrama de flujo del proceso de maceración.	32
7.	Diagrama de flujo de la liofilización del extracto de Apio.	34
8.	Diagrama de flujo de la elaboración de la salchicha Frankfurt.	37
9.	Curva estándar de absorbancia de trolox.	43
10.	Curva estándar de quercetina.	44
11.	Grupos funcionales del extracto de Apio.	45
12.	Tratamientos con extracto de Apio.	46
13.	Pruebas de medias en el factor pH.	50
14.	Medias del Factor de la variable Olor.	52
15.	Medias del Factor de la variable color	54
16.	Medias del Factor de la variable sabor.	55
17.	Medias del Factor de la variable textura.	57
18.	Medias del Factor de la variable aceptabilidad.	58

ÍNDICE DE TABLAS

N°	Detalle	Pág.
1.	Clasificación taxonómica del Apio.	6
2.	Composición del apio.	6
3.	Clasificación de vegetales por el contenido de nitrito.	10
4.	Localización de la ubicación.	23
5.	Aspectos generales del territorio.	23
6.	Máquinas y Equipos de Laboratorio.	26
7.	Factores en estudio.	28
8.	Combinaciones de tratamientos.	28
9.	Características de la experimentación de la salchicha Frankfurt	29
10.	Anova para el diseño completamente al azar (DCA).	30
11.	Formulación para la elaboración de la salchicha Frankfurt.	35
12.	Rendimiento del extracto de Apio por maceración con etanol.	41
13.	Rendimiento del extracto de Apio liofilizado y pulverizado.	42
14.	Análisis de absorbancia por el método ABTS.	42
15.	Análisis de la absorbancia por el método kumazawa.	44
16.	Grupos funcionales del extracto de Apio de FTIR.	45
17.	Pesos del embutido de cada tratamiento.	46
18.	Resultado de los análisis físico – químicos.	48
19.	Resultados microbiológicos de la salchicha Frankfurt.	49
20.	Análisis de varianza del pH.	50
21.	Pruebas de Múltiple Rangos para la variable respuesta del pH.	51
22.	Análisis de Varianza para variable Olor	52
23.	Pruebas de Múltiple Rangos para variable Olor	53
24.	Análisis de Varianza para la variable color.	53
25.	Pruebas de Múltiple Rangos para variable color.	54
26.	Análisis de Varianza para la variable sabor.	55
27.	Pruebas de Múltiple Rangos para variable sabor.	56
28.	Análisis de Varianza para la variable textura.	56
29.	Pruebas de Múltiple Rangos para variable textura.	57
30.	Análisis de Varianza para la variable aceptabilidad.	58
31.	Pruebas de Múltiple Rangos para variable aceptabilidad.	59

32. Nitritos totales en la salchicha Frankfurt con extracto de Apio. 59
33. Valores P y F-Razón del análisis sensorial de la salchicha. 60

ÍNDICE DE ANEXOS

N°	Detalle
1.	Mapa de ubicación de la investigación.
2.	Desarrollo practico experimental en el departamento de investigación y vinculación.
3.	Desarrollo experimental del trabajo de investigación.
4.	Liofilización del extracto de Apio.
5.	Elaboración de la salchicha Frankfurt con extracto de Apio.
6.	Análisis de la calidad físico químico de la salchicha Frankfurt con extracto de Apio.
7.	Análisis microbiológicos de las salchichas Frankfurt con extracto de Apio.
8.	Ficha de aceptabilidad de la salchicha Frankfurt con extracto de Apio liofilizado.
9.	Cataciones a estudiantes, para la aceptabilidad del producto final.
10.	Glosario de términos técnicos.

RESUMEN

Este trabajo de investigación tiene como finalidad de sustituir el nitrito de sodio por extracto de Apio liofilizado y su influencia en la calidad de salchicha Frankfurt, un aditivo comúnmente utilizado en la industria cárnica para prevenir el crecimiento de microorganismos patógenos y mantener el color característico. Sin embargo, el uso de nitritos en alimentos ha sido objeto de preocupación debido a los riesgos para la salud, como la formación de compuestos nitrosos, que se han asociado con diversos trastornos, entre ellos ciertos tipos de cáncer. A lo largo de la investigación, se ha desarrollado trabajos como obtención del extracto de Apio de 1650 ml, por medio de maceración con etanol, al igual que una liofilización y pulverización de 139,98 gr del extracto de apio, para determinar los componentes similares al nitrito de sodio se realizó un estudio de análisis de flavonoides totales de 118,02 mg QE/g, permitiendo ser analizado también los grupos funcionales por el método de (FTIR) las cuales fueron identificados y asociados a los compuestos químicos que le otorgan sus propiedades beneficiosas. Este extracto fue sustituido en la elaboración de la salchicha Frankfurt en concentraciones diferentes de porcentajes por gramos de producto entre el; 0,20% - 505 gr; 0,40% - 510 gr; 0,60% - 510 gr. Se realizaron análisis físico químicos y microbiológicos del producto para asegurar la seguridad alimentaria de las muestras llevando a cabo pruebas sensoriales para medir la aceptación del consumidor en términos de sabor, textura, olor, color y aceptabilidad. Los resultados mostraron que el extracto de apio liofilizado tiene propiedades antioxidantes y antimicrobianas que contribuyen a la estabilidad microbiológica de las salchichas, reduciendo la necesidad de nitrito de sodio. Mediante el análisis físico químico y microbiológico se determina que el mejor producto es con la adición del 0,60% de extracto, al igual que las pruebas de aceptación sensorial indicaron que los consumidores no percibieron diferencias significativas en comparación con las salchichas convencionales que contenían nitrito de sodio. Este enfoque abre nuevas posibilidades para el desarrollo de productos cárnicos más naturales y con menor impacto sobre la salud de los consumidores.

Palabras clave: Extracto de Apio, nitritos, salchicha Frankfurt, liofilización, flavonoides.

SUMMARY

This research aims to replace sodium nitrite with freeze-dried celery extract and its influence on the quality of Frankfurt sausage, a commonly used additive in the meat industry to prevent the growth of pathogenic microorganisms and maintain the characteristic color. However, the use of nitrites in food has been a cause for concern due to health risks, such as the formation of nitrosamines, which have been associated with various disorders, including certain types of cancer. Throughout the research, work has been developed such as obtaining 1650 ml of celery extract through maceration with ethanol, as well as lyophilization and pulverization of 139.98 grams of celery extract. To determine the components similar to sodium nitrite, a study of total flavonoid analysis of 118.02 mg QE/g was conducted, allowing the functional groups to be analyzed by the FTIR method, which were identified and associated with the chemical compounds that provide their beneficial properties. This extract was substituted in the preparation of the Frankfurt sausage in different concentrations of percentages per grams of product between; 0.20% - 505 gr; 0.40% - 510 gr; 0.60% - 510 gr. Physical-chemical and microbiological analyses of the product were carried out to ensure the food safety of the samples, conducting sensory tests to measure consumer acceptance in terms of taste, texture, smell, color, and acceptability. The results showed that freeze-dried celery extract has antioxidant and antimicrobial properties that contribute to the microbiological stability of the sausages, reducing the need for sodium nitrite. Through physicochemical and microbiological analysis, it was determined that the best product is with the addition of 0.60% extract, just as the sensory acceptance tests indicated that consumers did not perceive significant differences compared to conventional sausages that contained sodium nitrite. This approach opens new possibilities for the development of more natural meat products with a lower impact on consumer health.

Keywords: Celery Extract, nitrites, Frankfurt sausage, freeze-drying, flavonoides.

CAPÍTULO I

1.1. INTRODUCCIÓN

En las últimas décadas, la industria alimentaria ha experimentado un cambio significativo en las preferencias de los consumidores, quienes buscan productos más saludables, naturales y funcionales. Entre estos productos, las salchichas Frankfurt, por su practicidad y sabor, continúan siendo una opción popular en muchas dietas alrededor del mundo. Sin embargo, su perfil nutricional ha sido objeto de críticas debido a su alto contenido de grasas saturadas, sal y conservantes artificiales, lo que ha llevado a un aumento en la demanda de versiones más saludables de estos productos procesados (Alvarado, 2021).

En respuesta a estas demandas, una de las estrategias más exploradas ha sido la incorporación de ingredientes naturales con propiedades funcionales que puedan mejorar la calidad nutricional de los productos sin comprometer sus características sensoriales. El apio *(Apium graveolens),* tradicionalmente utilizado en la gastronomía, ha sido objeto de estudio por sus propiedades antioxidantes, antiinflamatorias y beneficios cardiovasculares (Chamberlain, 2022). Estos efectos se deben a la presencia de compuestos bioactivos como los flavonoides, que tienen el potencial de ofrecer beneficios para la salud. Sin embargo, la incorporación del apio fresco en productos cárnicos procesados puede verse limitada por su corta vida útil y su variabilidad en términos de sabor y textura.

La liofilización es un proceso que permite la deshidratación de los alimentos a temperaturas bajas mediante la sublimación del agua, ha demostrado ser una técnica eficaz para preservar los nutrientes y las propiedades organolépticas de los ingredientes vegetales (Karami, 2023). El extracto de apio liofilizado, al mantener su concentración de nutrientes y compuestos bioactivos, ofrece una solución práctica para su inclusión en productos como las salchichas Frankfurt, permitiendo mejorar sus características nutricionales sin perder la estabilidad ni la calidad sensorial del producto.

Este trabajo tiene como objetivo investigar la viabilidad de incorporar extracto de apio liofilizado en la formulación de salchichas Frankfurt, con el fin de mejorar su perfil nutricional y potencialmente ofrecer un producto más saludable para los consumidores, este estudio busca contribuir al desarrollo de productos cárnicos más saludables y funcionales, alineados con las tendencias actuales del mercado que demandan alimentos con mayores beneficios nutricionales y menor carga de ingredientes artificiales.

1.2. PROBLEMA

1.2.1. Planteamiento del problema.

Hoy en día, los nuevos productos alimenticios se diseñan y desarrollan pensando en los consumidores, en los últimos años con el desarrollo de productos funcionales la demanda de alimentos que ayuden a prevenir o controlar enfermedades ha traído oportunidades a la industria alimentaria, sin embargo los consumidores son cada vez más conscientes de la relación entre dieta y salud lo que exige que la industria alimentaria proporcione productos que además de aportar beneficios para la salud, también tengan los ingredientes más naturales posibles (Vera, 2020).

Ruiz (2020) señala que la industria cárnica especialmente la que produce embutidos debe adaptarse a esta nueva tendencia ya que en las etiquetas se menciona una gran cantidad de ingredientes muchos de ellos de origen sintético, consumir carnes procesadas como salchichas, tocino y jamón puede causar cáncer de intestino por lo que la (OMS) por los actuales estudios revelan los problemas de salud asociados a los nitritos basándose en su vínculo con el cáncer después de que expertos de la organización revisaron estudios de todo el mundo. Los nitritos empleados hoy en día en la elaboración de productos cárnicos embutidos producen nitrosaminas características de toxicidad alimentaria se emplean como aditivos debido a que disminuye el proceso de oxidación de lípidos y provee en los alimentos un importante efecto antimicrobiano especialmente frente al *Clostridium Botulinum* (Londoño, 2020).

1.2.2. Formulación del problema.

En base al planteamiento del problema el objetivo es eliminar o minimizar los impactos negativos atribuidos a la utilización de nitritos en los productos cárnicos sin alterar las propiedades sensoriales que los consumidores desean, las plantas y sus extractos pueden ser usados como fuentes directas de nitrito por lo tanto este trabajo se centra en investigar cómo mejorar la calidad de la salchicha evitando el uso de aditivos químicos considerando la utilización de extractos de plantas en formulaciones de salchichas Frankfurt. De acuerdo a lo señalado anteriormente se plantea la siguiente interrogante científica.

¿Cuál es el efecto que tiene el extracto de apio en la sustitución del nitrito de sodio sobre la calidad físico-químico y microbiológica aplicado en la salchicha Frankfurt?

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. Objetivo General

Determinar el efecto de sustitución de nitrito de sodio por extracto de apio *(Apium graveolens)* liofilizado, pulverizado y su influencia en la calidad de salchicha Frankfurt.

1.3.2. Objetivos Específicos

- Obtener el extracto pulverizado de Apio seco *(Apium graveolens)* utilizando la técnica de liofilización para su aplicación en la salchicha Frankfurt.
- Aplicar concentraciones del extracto pulverizado del Apio *(Apium graveolens)* como fuentes de nitrito de sodio en la formulación y control de la salchicha Frankfurt.
- Analizar la calidad físico – químico y microbiológico de la salchicha Frankfurt.
- Evaluar sensorialmente los tratamientos en estudio para determinar el mejor producto final.

1.4. HIPÓTESIS

1.4.1. Hipótesis Nula(H_o)

El extracto pulverizado de Apio seco (*Apium graveolens)* obtenido mediante la técnica de liofilización como sustituto al nitrito de sodio (NaNO2), no favorece significativamente en la aplicación y producción de una salchicha Frankfurt.

$$H_0 : \tau_1 = \tau_2 = \tau_3 = \cdots = \tau_k = 0$$

1.4.2. Hipótesis Alterna (H_A)

El extracto pulverizado de Apio seco (*Apium graveolens)* obtenido mediante la técnica de liofilización como sustituto al nitrito de sodio (NaNO2), favorece significativamente en la aplicación y producción de una salchicha Frankfurt.

$$H_A : \tau_1 \neq 0 \text{ para algún } i$$

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1. EL APIO *(Apium graveolens).*

El apio pertenece a la familia *Apiaceae*, también conocida como la familia de las umbelíferas vegetal muy versátil planta bianual que se encuentra de forma espontánea en nuestras regiones mediterráneas del Ecuador (Chimborazo, Pichincha, Cotopaxi, Cañar) donde las condiciones climáticas son favorables para su crecimiento con clima y el suelo adecuados a temperaturas frescas y un buen drenaje vegetal bajo en calorías y alto en fibra, además de ser una buena fuente de vitaminas y minerales (Del Pino, 2022).

2.1.1. **Generalidades del Apio.**

El apio es una planta herbácea muy fácil de cultivar de alto valor nutritivo por sus hojas y tallos blanqueados que se emplean en la preparación de sopas, ensaladas, carnes y varios platos más, las semillas se utilizan como condimento al ser pulverizadas (Duque, 2021).

Su centro de origen primario en la cuenca del Mediterráneo, y los secundarios son la región del Cáucaso y la zona del Himalaya, se la utilizó como planta medicinal desde la antigüedad por sus propiedades diuréticas, carminativas y depuradoras de la sangre debido a la presencia de un glucósido (*apigenina*) y dos aceites esenciales, el apiol y el limoneno, a los que le atribuyen estos efectos benéficos sobre la salud en la actualidad se utiliza como planta aromática en sopas y también se consume fresco en ensaladas y en forma deshidratada se lo consume en polvo como condimento (Jaramillo, 2021).

Figura 1.

Tallo de Apio.



Nota. La figura presenta el cultivo de apio fresco.

2.1.2. **Taxonomía del Apio.**

Apium graveolens es el nombre científico que se usa para referirse al apio común, esta clasificación refleja la estructura y las relaciones evolutivas del apio dentro del reino vegetal.

Tabla 1.

Clasificación taxonómica del Apio.

Taxonomía (*Apium graveolens)*	
Reino:	*Plantae*
División:	*Angiospermae* (plantas con flores)
Clase:	*Magnoliopsida* (dicotiledóneas)
Subclase:	*Asteridae*
Orden:	*Apiales*
Familia:	*Apiaceae (*también conocida como *Umbelliferae)*
Genero:	*Apium*
Especie:	*Apium graveolens*

Nota. Descripción taxonómica del apio. Tomado de la Universidad Técnica de Ambato, por (Morales, 2022).

2.1.3. Composición nutricional del Apio.

El apio es un vegetal bajo en calorías y rico en nutrientes esenciales donde a continuación se presenta la composición nutricional aproximada del apio por cada 100 gramos.

Tabla 2.

Composición del apio.

Composición Nutricional del Apio (por cada 100 gramos)	
Calorías	16 kcal
Agua	95 %
Proteínas	0,7 g
Grasas totales	0,2 g
Carbohidratos	3,5 g
Vitaminas	A, C, K, Ácido fólico B9
Minerales	Potasio, calcio, magnesio, sodio, hierro

Nota. Porcentaje de compuestos físico-química del apio, tomado de la Universidad Politécnica Estatal Del Carchi, por (Diaz, 2022).

El apio es un alimento versátil que se puede incluir en muchas comidas, proporcionando beneficios nutricionales sin agregar muchas calorías (Andrade, 2021).

- **Hidratación:** debido a su alto contenido de agua (aproximadamente 95%), el apio es excelente para mantener la hidratación.
- **Fibra:** su contenido de fibra ayuda a la salud digestiva y puede contribuir a la regulación del azúcar en sangre.
- **Vitaminas y minerales:** las vitaminas y minerales presentes en el apio apoyan diversas funciones corporales, como la salud ósea (vitamina K y calcio) y la función cardiovascular (potasio).
- **Bajo en calorías:** su bajo contenido calórico lo hace ideal para dietas de control de peso.

2.1.4. Principios bioactivos del Apio.

El Apio contiene varios principios bioactivos que contribuyen a sus beneficios para la salud estos compuestos tienen propiedades antioxidantes, antiinflamatorias y otros efectos beneficiosos para el organismo (Intagri, 2023). Estos principios bioactivos trabajan en conjunto para ofrecer beneficios para la salud, como la reducción de la inflamación, el apoyo a la salud cardiovascular y la protección contra el daño oxidativo señalando a continuación los principales principios bioactivos del apio:

Flavonoides

- Apigenina*:* este flavonoide es conocido por sus propiedades antioxidantes y antiinflamatorias que puede ayudar a reducir el riesgo de enfermedades crónicas y tiene efectos positivos sobre la salud cardiovascular.
- Luteolina*:* otro flavonoide presente en el apio que también tiene propiedades antioxidantes y antiinflamatorias que puede contribuir a la protección contra el daño celular y la inflamación.
- Quercetina: conocido por sus potentes propiedades antioxidantes y su capacidad para ayudar en la lucha contra la hipertensión y las enfermedades cardíacas.
- Kaempferol: este flavonoide tiene propiedades antioxidantes y antiinflamatorias, y también se ha investigado por su potencial para reducir el riesgo de ciertos tipos de cáncer y enfermedades metabólicas.

Ácidos Fenólicos

- Ácido cafeico: este compuesto tiene propiedades antioxidantes y antiinflamatorias que ayuda a neutralizar los radicales libres y puede reducir la inflamación en el cuerpo.
- Ácido ferúlico: similar al ácido cafeico, el ácido ferúlico tiene efectos antioxidantes y puede apoyar la salud cardiovascular.

Terpenos

- Limoneno: un compuesto terpenoide que contribuye al aroma característico del apio. Tiene propiedades antioxidantes y puede tener efectos beneficiosos sobre la salud digestiva.

Minerales y Vitaminas

- Vitamina K: importante para la salud ósea y la coagulación sanguínea y posee también propiedades antioxidantes.
- Potasio: ayuda a mantener el equilibrio de fluidos y la función cardíaca, y puede contribuir a la reducción de la presión arterial.

Fibra Dietética

- Celulosa y hemicelulosa: contribuyen a la salud digestiva al mejorar la regularidad intestinal y al promover un microbioma intestinal saludable.

Otros Compuestos Bioactivos

- Aceites esenciales: el apio contiene aceites esenciales que tienen propiedades antimicrobianas y antiinflamatorias, además de contribuir a su aroma característico (Perez, 2022).

2.1.5. Propiedades y beneficios del Apio.

El Apio es importante a menudo subestimadas en comparación con los tallos, tienen una serie de beneficios y usos que las hacen valiosas tanto en la cocina como para la salud y será nuestro factor principal de trabajo para nuestra investigación por lo que las hojas de apio son una parte nutritiva y versátil de la planta.

Valor Nutricional

- Vitaminas: son una buena fuente de vitamina K, vitamina A y vitamina C, contienen algunas vitaminas del grupo B, como el ácido fólico.
- Minerales: contienen minerales como calcio, potasio, y magnesio, aunque en menor cantidad que los tallos.
- Fibra: son ricas en fibra dietética, lo que contribuye a la salud digestiva (Rodriguez, 2023).

Propiedades Saludables

- Antioxidantes: las hojas de apio contienen antioxidantes como flavonoides y ácidos fenólicos que ayudan a combatir el estrés oxidativo y reducen la inflamación.
- Anti-Inflamatorias: pueden tener efectos antiinflamatorios, gracias a compuestos como la apigenina y la luteolina, que pueden ayudar a reducir la inflamación en el cuerpo.
- Diuréticas: similar a los tallos, las hojas de apio también tienen propiedades diuréticas naturales, que ayudan a eliminar el exceso de líquidos del cuerpo (Rojas, 2022).

Usos Culinarios

- Ensaladas: las hojas de apio pueden usarse crudas en ensaladas para añadir un sabor fresco y crujiente.
- Sopas y guisos: pueden agregarse a sopas y guisos para enriquecer el sabor y aumentar el contenido nutricional.
- Condimentos: se pueden usar como hierbas frescas en diversas recetas o como sustituto de otras hierbas aromáticas.
- Smoothies y jugos: las hojas también se pueden incluir en smoothies o jugos para aprovechar sus beneficios nutricionales.

Preparación y Almacenamiento

- Preparación: al igual que los tallos, las hojas de apio deben lavarse bien antes de consumirlas para eliminar cualquier residuo de tierra o pesticidas.

- Almacenamiento: se deben almacenar en el refrigerador en una bolsa o recipiente cerrado para mantener su frescura. Las hojas tienden a marchitarse más rápidamente que los tallos, por lo que es mejor usarlas dentro de unos pocos días.

Beneficios Adicionales

- Control de peso: gracias a su bajo contenido calórico y alto contenido de fibra, las hojas de apio pueden ser útiles en dietas para el control del peso.
- Apoyo a la digestión: la fibra en las hojas de apio puede ayudar a mantener una digestión saludable y regular (Gamboa, 2022).

2.1.6. El Apio como fuentes de nitritos.

El apio es conocido por su contenido de nitratos que son compuestos naturales que se convierten en nitritos en el cuerpo, en los vegetales incluido el apio pueden tener varios beneficios para la salud especialmente relacionados con la función cardiovascular poseen sus concentraciones de entre 1500 y 2800 ppm de nitrato presente además que se puede considerar compatible para añadir en carnes curadas ya que aporta muy pocos pigmentos y tienen un perfil de sabor suave, similar al del apio crudo, por lo que no compite con el sabor del producto terminado (Flores, 2023).

Tabla 3.

Clasificación de vegetales por el contenido de nitrito.

Vegetales de acuerdo al contenido de nitrato (mg/kg de masa)				
Muy bajo <200	**Bajo 200-500**	**Medio 500-1000**	**Alto 1000-2500**	**Muy Alto >2500**
Ajo	Achicoria	Nabo	Apio Nabo	Apio
Alcachofa	Brócoli	Repollo	Escarola	Acelga
Cebolla	Coliflor		Perejil	Betarraga
Espárragos	Pepino		Puerro	Espinaca
Melón	Zanahoria			Lechuga
Papa	Zapallo			Rábano
Pera				
Sandia				
Tomate				

Nota. Vegetales de acuerdo a la cantidad total de nitratos presentes en sus condiciones.

2.2. **LOS NITRITOS.**

Los nitritos son compuestos químicos que se utilizan principalmente en la industria alimentaria como conservantes y agentes de curado, son sales que contienen el ion nitrito (NO_2^-) combinado con un ion metálico, como sodio (Na^+) o potasio (k^+), que podemos encontrar como en forma de usos alimentario como: nitrito de sodio ($NaNO_2$) o nitrito de potasio (KNO_2) (Bolaños, 2021).

2.2.1. **Uso de los nitritos en la industria alimentaria de embutidos.**

Los nitritos se usan en embutidos para preservar la carne, prevenir el crecimiento de bacterias patógenas como *Clostridium botulinum*, mantener el color rosado característico, y mejorar el sabor y la textura del producto final (Orsini, 2022).

- Conservación: los nitritos ayudan a prevenir el crecimiento de bacterias patógenas, especialmente *Clostridium botulinum*, que puede causar botulismo, una enfermedad grave, particularmente importante en productos cárnicos curados como el jamón, las salchichas y el tocino.
- Color y sabor: los nitritos también ayudan a mantener el color rosa característico en carnes curadas y procesadas, y contribuyen a su sabor característico que reaccionan con las proteínas en la carne para formar compuestos llamados nitrosomoglobinas que dan el color rosado.

***Clostridium botulinum*:** Produce cuando se ingiere alimentos contaminados con la toxina botulínica los alimentos enlatados caseros o mal procesados especialmente aquellos que no han sido adecuadamente cocidos o conservados son una fuente común de riesgo (Lopez, 2023).

2.2.2. Formación de compuestos cancerígenos.

En ciertas condiciones, como la presencia de altas temperaturas o la interacción con proteínas en alimentos procesados, los nitritos pueden convertirse en compuestos potencialmente carcinógenos, como las nitrosaminas, sin embargo, los nitritos de los vegetales frescos (como el apio) no presentan el mismo riesgo que los nitritos añadidos artificialmente en carnes procesadas, ya que los efectos negativos dependen de la cantidad, el contexto y la exposición (OMS, 2023).

Los nitritos en el apio y otros vegetales de hojas verdes tienen efectos generalmente positivos en la salud, como la mejora de la circulación y la reducción de la presión arterial, los riesgos de los nitritos relacionados con el apio son mínimos, especialmente si se consume como parte de una dieta variada y equilibrada (Gallego, 2024).

2.2.3. Consecuencias por el uso de nitritos en la salud.

Formación de nitrosaminas: Compuestos potencialmente carcinógenos que se pueden formar cuando los nitritos reaccionan con aminas (compuestos derivados de proteínas) durante la cocción de alimentos a altas temperaturas. La exposición a altas concentraciones de nitrosaminas ha sido asociada con un mayor riesgo de cáncer, especialmente cánceres del tracto gastrointestinal los estudios han mostrado que estas sustancias tienen potencial carcinogénico en animales y se han vinculado con cáncer en humanos en estudios epidemiológicos (Atsdr, 2023).

Posibles Efectos en la Salud

- Presión arterial: el consumo excesivo de nitritos puede afectar la capacidad del cuerpo para transportar oxígeno en la sangre al formar metahemoglobina, una forma de hemoglobina que no puede transportar oxígeno de manera efectiva.
- Alergias y reacciones adversas: en algunas personas, los nitritos pueden causar reacciones alérgicas o intolerancias, aunque esto es menos común (Villamil, 2024).

2.2.4. Normas NTE INEN 784 para usos permitidos de nitritos.

Las normas relacionadas con el uso permitido de nitritos en productos alimenticios están establecidas en la NTE INEN 784, esta norma regula la cantidad de nitritos y nitratos que se pueden utilizar en alimentos cárnicos, como embutidos, para garantizar la seguridad alimentaria y prevenir riesgos para la salud.

Aspectos Claves de NTE INEN 784

- Límites permitidos: establece los niveles máximos permitidos de nitritos y nitratos en productos cárnicos para evitar riesgos asociados con su consumo estos límites están diseñados para reducir la formación de nitrosaminas y asegurar la seguridad del producto final en cantidad de 0.0125 % (125mg/kg).

- Usos permitidos: define las formas en que los nitritos y nitratos pueden ser utilizados en el procesamiento de alimentos, especificando las concentraciones y condiciones bajo las cuales se pueden agregar a los productos.
- Etiquetado: incluye requisitos para el etiquetado de productos que contienen nitritos o nitratos, proporcionando información clara al consumidor sobre la presencia de estos aditivos.
- Regulación y control: proporciona directrices para la supervisión y el control del uso de estos compuestos en la industria alimentaria, asegurando el cumplimiento de las normas de seguridad.

2.2.5. Desventajas del uso de nitrito en la industria cárnica.

El uso de nitritos en los embutidos contribuye a la seguridad alimentaria y a la preservación de estos productos, también implica ciertos riesgos, especialmente si se consumen en grandes cantidades y con regularidad. La exposición a nitrosaminas, el aumento del riesgo de cáncer, problemas cardiovasculares y alteraciones en la salud digestiva son algunas de las principales preocupaciones, moderar el consumo de estos productos y optar por alternativas más saludables puede ser una estrategia prudente para mitigar estos efectos (Fernandez, 2023).

2.3. TÉCNICAS DE EXTRACCIÓN.

2.3.1. La extracción con disolventes (etanol).

La extracción con disolventes es la técnica de separación de un compuesto a partir de una mezcla sólida o líquida, aprovechando las diferencias de solubilidad de los componentes de la mezcla en un disolvente adecuado, el principal objetivo de la extracción es separar selectivamente el producto de una reacción, o bien eliminar las impurezas que lo acompañan en la mezcla de reacción, gracias a sus diferencias de solubilidad en el disolvente de extracción elegido (Paez, 2021).

2.3.2. Extracción sólido líquido.

(Bernabe, 2022), señala que la extracción sólido-líquido es un proceso que se utiliza para separar un componente soluble de una fase sólida utilizando un disolvente, este proceso se emplea ampliamente en diversas industrias, como la alimentaria, farmacéutica,

química y ambiental, entre otras, se basa en la diferencia de solubilidad de los componentes de la fase sólida en el disolvente elegido.

2.4. LA MACERACIÓN.

El proceso de maceración es uno de los métodos convencionales de extracción de sustancias bioactivas que consiste en una extracción sólido- líquido que tiene la finalidad de extraer los compuestos químicos del producto en estado sólido(soluto) el cual deberá disolverse en el líquido (solvente) por durante un periodo de tiempo determinado (entre mayor sea la concentración del soluto, menor será el tiempo) (Santamaria, 2023).

La maceración alcohólica del Apio es un proceso que utiliza alcohol, generalmente etílico o de alta graduación para extraer los compuestos activos del apio, como sus aceites esenciales, flavonoides, y otros componentes beneficiosos, este proceso se realiza para elaborar tinturas y obtener extractos que luego se emplean en medicina herbal, cocina, para la preparación de licores y en especial para aplicar en industrias alimentarias (Mamani, 2023).

Figura 2.

Macerado de Apio fresco.



Nota. Imagen elaborada por los autores (2025).

2.4.1. Proceso de maceración del Apio.

(Duran, 2021), menciona que es importante destacar que el uso del apio macerado en alcohol debe ser moderado, que al tratarse de un extracto concentrado puede tener efectos fuertes si se consume en grandes cantidades:

Preparación del apio

- Se seleccionan tallos frescos de apio, pueden usarse tanto las hojas como los tallos, dependiendo del uso final que se le quiera dar al extracto.
- El apio se debe cortar en trozos pequeños o picarlo finamente para aumentar su superficie de contacto con el alcohol y facilitar la extracción de sus compuestos.

Uso del alcohol

- Se puede usar alcohol etílico de alta graduación que no tenga sabores adicionales que puedan interferir con los aromas del apio.
- La cantidad de alcohol debe ser suficiente para cubrir completamente el apio picado.

Maceración

- El apio picado debe ser colocado en frascos de vidrio limpio y añadido el alcohol hasta cubrirlo por completo.
- Los frascos se deben cerrar herméticamente y dejar macerar en un lugar oscuro y fresco durante aproximadamente 5 a 10 días, es importante agitar el frasco diariamente para asegurar que el alcohol esté en contacto constante con las partes del apio.

Filtrado

- Una vez transcurrido el tiempo de maceración es filtrado la mezcla para retirar los restos de apio, el líquido obtenido es el extracto o tintura alcohólica de apio.

Conservación

- El extracto alcohólico se debe almacenar en un frasco oscuro y en un lugar fresco para preservar sus propiedades.

2.4.2. Usos y beneficios del extracto de apio.

El extracto de apio tiene varios usos potenciales, tanto en la medicina tradicional como en la industria de alimentos:

- Propiedades medicinales: el apio contiene compuestos que pueden ayudar en la reducción de la presión arterial, mejorar la digestión, aliviar la inflamación y combatir los efectos de la retención de líquidos, donde la maceración alcohólica ayuda a concentrar estos beneficios.
- Uso en licores: el extracto de apio también se puede usar para preparar bebidas alcohólicas caseras, como licores, añadiendo un sabor herbáceo y refrescante.
- En la industria de alimentos: aunque más comúnmente el apio se usa fresco, el extracto alcohólico puede ser una forma interesante de infusionar sabor, color, aroma y en casos especiales como aplicación en diferentes industrias de alimentos como conservantes, colorantes y saborizantes o a su vez como reemplazo de condimentos (Fuentes, 2021).

2.5. LA LIOFILIZACIÓN.

La liofilización también conocida como deshidratación por congelación es un proceso utilizado para preservar alimentos, medicamentos y otros productos al eliminar el agua de ellos sin usar calor (Valencia, 2022), se basa en el fenómeno físico de la sublimación del agua o bien de un disolvente orgánico o de mezclas acuoso-orgánicas que estén congeladas; el disolvente congelado sublima directamente a vapor sin pasar por el estado líquido y habitualmente, cuando se trabaja con alimentos, proteínas o material biológico, el disolvente a eliminar es agua.

Figura 3.

Fundamento de la técnica de sublimación.



Nota. La figura indica las fases del proceso de liofilización por sublimación

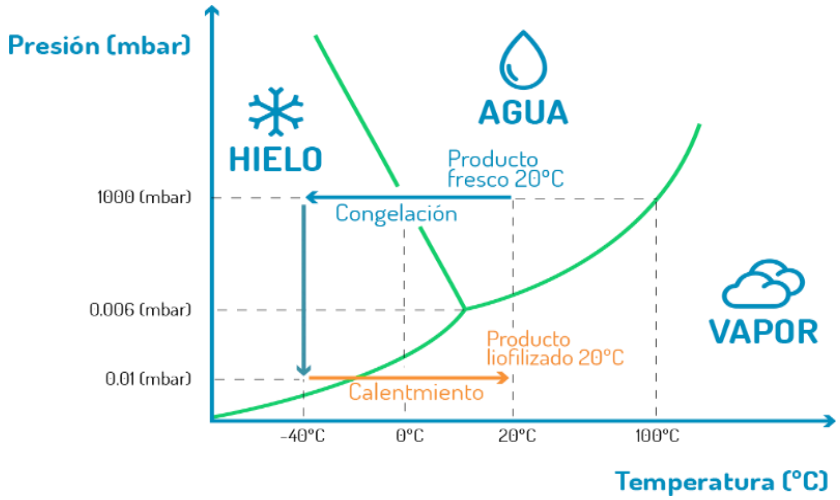
2.5.1. Importancia de la liofilizacion.

La liofilización mantiene la estructura y los nutrientes del producto mejor que otros métodos de deshidratación porque no utiliza calor directo y permite una rehidratación rápida y efectiva que se usa comúnmente para preservar alimentos como frutas, verduras y café, así como para medicamentos y vacunas (Parzanese, 2021).

El cambio de fase de sólido a gas o sublimación, debe realizarse en condiciones de presión y temperatura menores a las del punto triple (punto en el que conviven los tres estados de la materia) que por debajo de éste no existe la fase líquida. El principio del proceso de liofilización es la sublimación progresiva del agua contenida en el producto que se desea secar

Figura 4.

Proceso y etapas de la liofilización.



Nota. Este grafico indica el proceso y etapas de la liofilización en donde observamos el diagrama de cambios de fase, tomada de la revista (liofilización de alimentos).

2.5.2. Proceso de liofilización de Apio.

El objetivo de la liofilización es obtener un producto seco, que cuando se le vuelve a añadir agua o disolvente, presente las mismas características que el producto original (forma, color, aroma, sabor y textura) y reduce las pérdidas de calidad debidas al deterioro de la muestra por reacciones químicas o por degradación enzimática (Aaron, 2022).

Se puede determinar de una forma muy resumida el proceso para liofilizar las hojas de apio que se puede considerar a continuación:

Congelación

- Preparación: las hojas de Apio fresco (lavadas, desinfectadas) se prepara y se coloca en un congelador en frascos permitidos.
- Congelación rápida: el producto se congela a temperaturas muy bajas, generalmente por debajo de -40°C, este paso convierte el agua en el producto en hielo, solidificándola.

Sublimación

- Reducción de presión: una vez que el producto está congelado se coloca en una cámara de liofilización que se reduce a una presión muy baja creando un vacío esto es crucial porque la sublimación solo ocurre bajo baja presión.
- Calentamiento controlado: se aplica calor al producto para elevar la temperatura suavemente a esta temperatura y presión el hielo en el producto se transforma directamente en vapor sin pasar por el estado líquido, este vapor se elimina de la cámara dejando atrás el material seco (Garrote, 2023).

Desorción

- Eliminación de residuos de agua: en esta fase final se ajustan las condiciones para eliminar cualquier traza de agua residual en forma de vapor esto asegura que el producto (las hojas de Apio) esté completamente seco y libre de humedad, lo cual es esencial para la estabilidad y conservación del producto.

Embalaje

- Sellado: una vez que el producto está completamente seco se retira de la cámara de liofilización y se embala en condiciones que prevengan la reabsorción de humedad como en envases herméticamente sellados o en atmósfera controlada (Jose, 2023).

2.5.6. Factores que influyen en la liofilización.

Cada uno de estos factores puede ser ajustado dependiendo del tipo de producto que se esté liofilizando, y un control adecuado de todos ellos es esencial para obtener un producto final con buena calidad y una eficiencia en el proceso (Siccha, 2021). Existen varios factores que pueden influir en la eficiencia y calidad del proceso de liofilización:

- Temperatura de congelación

- Temperatura de sublimación (fase primaria)
- Presión de la cámara de vacío
- Tiempo de proceso
- Composición del producto
- Tamaño y forma del producto
- Humedad inicial del producto
- Propiedades térmicas del producto
- Aditivos o estabilizadores
- Calidad del vacío y control ambiental

2.5.3. Ventajas del proceso de liofilización.

- Preservación de la estructura: la liofilización mantiene la estructura celular y molecular del producto preservando su forma y propiedades originales.
- Conservación de nutrientes y potencia: en alimentos se conserva el valor nutricional y en medicamentos se mantiene la potencia y estabilidad.
- Rehidratación eficiente: los productos liofilizados se rehidratan fácilmente, recuperando sus características casi originales (Perez , 2022).

2.5.4. Aplicaciones de la liofilización.

Este proceso conserva las propiedades nutricionales, organolépticas y estructurales del producto y se utiliza en diversas aplicaciones, se aplica ampliamente en la conservación de productos sensibles a la humedad y temperatura, manteniendo su calidad y propiedades durante largos periodos.

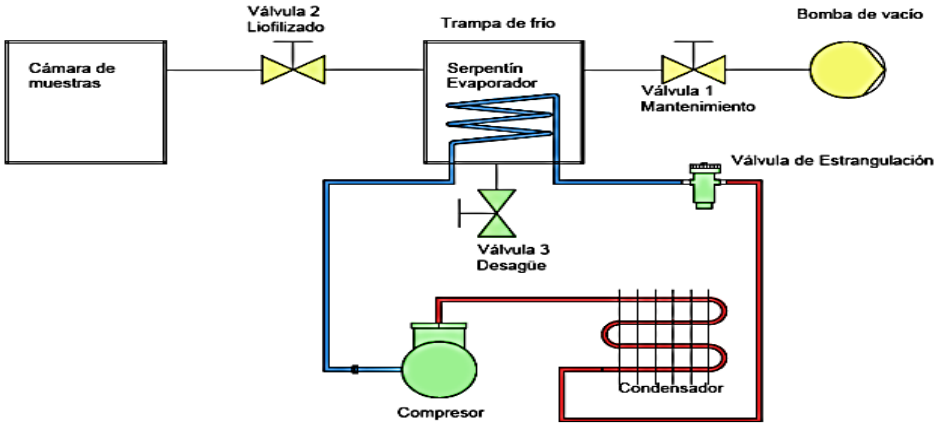
- Alimentos: comidas deshidratadas como sopas instantáneas, frutas secas y café instantáneo.
- Medicamentos: vacunas, antibióticos y otros fármacos sensibles.
- Biología y medicina: conservación de células, tejidos y biomoléculas para investigación (Fernández, 2022).

Su capacidad para conservar los alimentos de manera eficiente ayuda a mantener su sabor, textura, valor nutricional y aspecto llevando consigo una gran cantidad de aplicaciones en la industria alimentaria, ayudando a conservar productos durante largos periodos sin perder su calidad.

2.5.5. Esquema de un equipo liofilizador.

Figura 5.

El diseño de un esquema del equipo liofilizador.



Nota. Esta imagen tomada de la Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción, por (Herrera, 2021).

2.6. EMBUTIDOS CÁRNICOS.

Los embutidos cárnicos son productos elaborados a base de carne generalmente de cerdo, vacuno o pollo, que se muelen y se mezclan con otros ingredientes (como especias, sal, hierbas y a veces grasas) y se embuten en una tripa o envoltorio. Luego, se pueden curar, ahumar, escaldar, cocinar o secar según el tipo de embutido (Solis, 2021).

2.6.1. Tipos de embutidos.

Los embutidos cárnicos son muy variados y se pueden clasificar en varios tipos según su método de preparación, curado, sabor, ingredientes, proceso de elaboración y la región de origen, cada tipo tiene sus características propias y se disfruta de diferentes formas (INEN 1338, 2024).

- **Frescos:** Salchichas, longaniza, chistorra.
- **Escaldados:** Salchichas, chorizo, mortadela.
- **Curados:** Chorizo, salami, jamón serrano, jamón ibérico.
- **Cocidos:** Jamón cocido, mortadela.
- **Ahumados:** Tocino, chorizo ahumado.
- **De vísceras:** Paté, morcilla.
- **Especiales:** Fuet, sobrasada.
- **Semi curados:** Cecina, lomo embuchado.

2.6.2. Embutidos escaldados.

Los embutidos escaldados son aquellos que, durante su proceso de elaboración, pasan por una fase de escaldado o cocción breve en agua caliente (generalmente a una temperatura de entre 50-75°C), este proceso ayuda a que los embutidos obtengan una textura más firme y un sabor más suave, además de facilitar la conservación. (Jave, 2022). El escaldado no debe confundirse con la cocción completa, ya que se hace a una temperatura más baja y por menos tiempo, y no busca cocinar completamente la carne, sino darle una ligera precocción y estabilizarla.

2.6.3. Proceso de escaldado de los embutidos.

Para el escaldado de salchichas Frankfurt, según las normativas y prácticas comunes se deben cumplir los siguientes criterios generales:

- Preparar el agua: se llena una olla grande con suficiente agua para cubrir las salchichas y calentarlas hasta alcanzar la temperatura deseada (75°C a 85°C).
- Introducir las salchichas: colocar las salchichas en el agua caliente con cuidado para evitar salpicaduras.
- Escaldar: se debe mantener las salchichas en el agua caliente durante unos 10-15 minutos, dependiendo de su tamaño (no es necesario hervirlas; simplemente es asegurar de que lleguen a una temperatura interna segura)
- Enfriar rápidamente: una vez escaldadas se retira las salchichas que deben ser colócalas en un recipiente con agua fría o hielo para detener el proceso de cocción y mantener la textura (Vallejo, 2022).

2.6.4. La salchicha Frankfurt.

La salchicha Frankfurt, también conocida como "Frankfurt" o simplemente "Frank", es una de las salchichas más icónicas de la gastronomía alemana que se origina de Frankfurt, Alemania esta salchicha se ha convertido en un clásico en muchas partes del mundo debido a su elaboración a partir de carne de cerdo picada y res picada simplemente cocidas o también ahumadas (Aguilar, 2021).

La salchicha Frankfurt tradicionalmente está hecha de carne de cerdo, aunque a veces también puede incluir una mezcla de carne de res que se condimenta con especias como sal, pimienta y a veces otras hierbas o especias y esta mezcla de carne se embute en una

tripa natural o sintética y luego se cocina y son relativamente delgadas y largas, generalmente de unos 15 a 20 cm de longitud de textura suave y jugosa (Cevallos, 2022).

2.6.5. Normas NTE INEN 1942 para embutidos escaldados.

La norma establece los requisitos técnicos y de calidad para embutidos cocidos o escaldados esto incluye productos como salchichas, chorizos, y otros embutidos que se someten a un proceso de escaldado o cocción

Aspectos importantes a tomar en cuenta:

- Definiciones: define los términos y categorías de embutidos escaldados, especificando qué productos están cubiertos por la norma.
- Ingredientes: establece los requisitos sobre los ingredientes permitidos, su calidad y las proporciones mínimas de carne, grasas, y otros componentes.
- Proceso de producción: define los métodos de producción y los requisitos para el escaldado o cocción de los embutidos, asegurando que los procesos sean adecuados para garantizar la seguridad alimentaria y la calidad del producto.
- Características del producto: especifica las características organolépticas (como sabor, textura y apariencia) que deben cumplir los embutidos, así como los parámetros microbiológicos y químicos para garantizar su seguridad y calidad.
- Etiquetado: requiere información obligatoria en el etiquetado de los productos, como la lista de ingredientes, información nutricional, fecha de caducidad, y otros datos relevantes para el consumidor.
- Empaque y almacenamiento: establece las condiciones para el empaque y almacenamiento de los embutidos escaldados para mantener su calidad y seguridad durante su vida útil.
- Controles y ensayos: describe los procedimientos para las pruebas y controles necesarios para asegurar el cumplimiento de los estándares de calidad y seguridad establecidos por la norma.

CAPÍTULO III

3. MARCO METODOLÓGICO.

3.1. UBICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.

3.1.1. Localización de la investigación.

Tabla 4.

Localización de la ubicación.

Ubicación	Localidad
Provincia	Bolívar
Cantón	Guaranda
Parroquia	Gabriel Ignacio de Veintimilla
Sector	Laguacoto II
Dirección	Laguacoto II, (Guaranda km 1 ½ vía San Simón

3.1.2. Zona de vida

Según la clasificación del botánico y climatólogo Leslie Holdridge, la región se encuentra dentro del bosque húmedo montano bajo (BHMB).

3.1.3. Situación geográfica y edafoclimática.

Tabla 5.

Aspectos generales del territorio.

Parámetros	Valores
Altitud promedio	2630 msnm
Latitud	01° 36’ 52” S
Longitud	78° 59’ 54” W
Temperatura máxima	21 °C
Temperatura mínima	7 °C
Temperatura media	14,4 °C
Humedad relativa	70 %
Velocidad de viento	6 m/s

Nota. Tomado de la Estación Meteorológica laguacoto II. UEB 2023.

3.2. MATERIALES.

3.2.1. Materiales y Equipos de Experimentación.

3.2.2. Materias primas para la elaboración de la salchicha Frankfurt.

- Carne de cerdo
- Carne de res
- Grasa de cerdo

3.2.3. Insumos y Aditivos para la salchicha Frankfurt.

- Acido ascórbico
- Agua
- Almidón o fécula
- Azúcar
- Eritorbato
- Fosfato (Tripolifosfato de sodio)
- Hielo
- Humo líquido
- Oleorresina
- Polvo de Apio
- Proteína
- Rojo carmín
- Sal

3.2.4. Condimentos y especias para la elaboración de la salchicha Frankfurt.

- Ajo en polvo
- Canela en polvo
- Cebolla en polvo
- Comino en polvo
- Pimienta

3.2.5. Equipos para la elaboración de la salchicha Frankfurt.

- Balanza analítica
- Cutter
- Embutidora
- Molino

- Termómetro

3.2.6. Materiales para la elaboración de la salchicha Frankfurt.

- Bandejas de aluminio
- Cuchillos
- Hilo de cocina
- Ollas
- Toallas de cocina
- Tripa artificial

3.2.7. Insumos y reactivos de laboratorio de investigación.

- ABTS
- Ácido sulfúrico
- Agua destilada
- Alcohol 70%
- Buffer Tampón Fosfato de Sodio
- Buffered peptone water
- Cloruro de Aluminio
- Fosfato Di-básico de Sodio
- Trolox
- Fosfato Mono-básico de Sodio
- Hexano (H 302-4)
- Hidróxido de sodio
- Metanol
- Persulfato de Potasio
- Quercetina
- Solución salina

3.2.8. Materiales de laboratorio de investigación.

- Balón de Aforo (1000; 10) ml
- Bandejas
- Capsulas
- Crisoles
- Desecadores
- Embudo

- Espátulas
- Filtros de papel
- Frascos de muestras (50, 100, 200) ml
- Gradillas
- Guantes de resistencia a temperaturas de hasta 1000 °C
- Magneto
- Matraz de Erlenmeyer (100; 250; 1000) ml
- Micropipetas
- Pinzas
- Probeta graduada (25; 100) ml
- Puntas
- Toallas de cocina reutilizables
- Tubos de ensayos (10 ml)
- Vasos de precipitación (10; 50; 100; 1000) ml

3.2.9. **Equipos de laboratorio de investigación.**

Tabla 6.

Máquinas y Equipos de Laboratorio.

Nombre	Marca	Función
Liofilizador 4.5L	CHRIST, Alpa 1-4 LD Plus	Remueve la humedad de un producto a través del secado en frío.
Molino	RETSCH 110V	Reduce el tamaño de diversas partículas sólidas al ser captadas y trituradas entre uno o más medios rodantes.
Balanza analítica	DHAUS	Mide la masa de los objetos por comparación con una masa conocida.
Congelador	-	Congela y conserva alimentos.
Mufla	Thermo SCIENTIFIC Thermolyne	Calcinación, secado, y fundición de sustancias y procesos de control.
Cámara extractora de gases	Flores Valles	Medio efectivo para captar vapores inflamables, irritantes, corrosivos, carcinogénicos.
Estufa	MEMMERT	Deshidrata reactivos o muestras de laboratorio y seca instrumentos.

Determinador de grasa	SOXTEST	Extracción de Soxhlet determina las sustancias con presencia lipídica.
Plancha de agitación	GLASSCO	Calienta el material de vidrio o su contenido.
Baño Ultrasónico	ULTRASONIC BATCH 5,7 L	Elimina los gases disueltos en líquidos (desgasificación), acelera la disolución y dispersión de sólidos y la emulsificación.
Centrifuga	SIGMA 3-16 L	Separa mezclas líquido-líquido o sólido-líquido.
Planchas de Calentamiento	VELP-SCIENTIFICA IKA C MAC	Calienta recipientes con líquidos como vasos de precipitados, matraces de fondo plano entre otros.
Vortex Mixer	Fisher Cientific	Mezcla pequeños viales de líquido.
Espectrofotómetro	Thermo Cientific 3 μml	Identifica los diferentes compuestos de la muestra que se está analizando.
Espectrofotómetro (FTIR)	-	Identifica compuestos químicos y analiza la composición de materiales.
Autoclave	-	Esteriliza materiales a concentraciones altas de vapor y temperatura (121°C)
Mechero	-	Esteriliza y calienta asas, sustancias e instrumentos de siembra en microbiología.
Autoclave	BIOBASE BKQ – B75II	Esteriliza materiales a concentraciones altas de vapor y temperatura
Incubadoras	Memmert 23.5°C – Breed 41.5°C	Permite el crecimiento y desarrollo de microorganismos bajo condiciones óptimas.
Cámara de bioseguridad	Inglobal	Proporciona un ambiente seguro para manipular agentes biológicos peligrosos o infecciosos.
Evaporador	Yamato – SINCE 1889	Evapora y recupera solventes

Nota. Estos equipos se encuentran distribuidos en el departamento de investigación y vinculación y en el complejo agroindustrial de U.E.B.

3.2.10. Indumentaria de protección personal.

- Mandil
- Guantes
- Mascarilla
- Botas
- Cofia

3.3. METODOLOGÍA.

3.3.1. Material en estudio.

Para este trabajo de investigación se obtuvo el extracto de Apio liofilizado y pulverizado para incorporar en los tratamientos considerados para la elaboración de la salchicha Frankfurt, utilizando cantidades como (0%; 0,2%, 0,4%; 0,6%) el mismo que tiene como objetivo sustituir al nitrito de sodio y verificar la variable respuesta planteada.

3.3.2. Factores de estudio.

Para el desarrollo de la presente investigación el factor establecido es el Factor (A): Extracto de Apio con 4 niveles.

Tabla 7.

Factores en estudio.

Factor	Código	Nivel
Extracto de Apio	A	$A_1 =$ Control
		$A_2 =$ 0,20 %
		$A_3 =$ 0,40 %
		$A_4 =$ 0,60 %

Nota. Las variables respuestas son la calidad del producto en base a los análisis físicos químicos, microbiológicos, sensoriales y el resultado del nitrito residual del mejor tratamiento.

3.3.3. Tratamientos.

Los tratamientos están conformados por la combinación de cada uno de los niveles con el Factor A: Extracto de Apio.

Tabla 8.

Combinaciones de tratamientos.

Extracto de Apio	T1 Control	T2 0,20%	T3 0,40%	T4 0,60%
R1	$T_C R_1$	$T_2 R_1$	$T_3 R_1$	$T_4 R_1$
R2	$T_C R_2$	$T_2 R_2$	$T_3 R_2$	$T_4 R_2$
R3	$T_C R_3$	$T_2 R_3$	$T_3 R_3$	$T_4 R_3$

3.3.4. Descripción técnica del ensayo.

A continuación, se detallan las características de la experimentación, que incluyen el factor de estudio, sus respectivos niveles, el número de repeticiones, el tamaño de la muestra y las variables de respuesta.

Tabla 9.

Características de la experimentación de la salchicha Frankfurt

Atributos del diseño factorial	
Tratamientos	4
Réplicas	3
Unidades experimentales	12
Tamaño de la muestra	60 g
Variable respuesta	4

3.3.5. Tipo de diseño experimental o estadístico.

Para la presente investigación se utilizó el diseño completamente al azar (DCA), utilizado para comparar el tratamiento, con tres repeticiones, dado que sólo consideran dos fuentes de variabilidad, el tratamiento y el error aleatorio, por lo que todas las corridas experimentales se realizaron en orden aleatorio completo.

3.3.6. Modelo matemático del diseño.

Para este estudio se aplicó un diseño completamente al azar (DCA) con 3 repeticiones con el modelo matemático ajustado de la siguiente manera:

$$\boldsymbol{Y_{ij} = \mu + \tau_i + \varepsilon_{ij}}$$

Donde:

$\boldsymbol{Y_{ij}}$**:** es la observación de la unidad experimental j en el nivel i del factor

$\boldsymbol{\mu}$**:** es la media general

$\boldsymbol{\tau_i}$**:** es un parámetro que mide el efecto del tratamiento i

$\boldsymbol{\varepsilon_{ij}}$**:** es el error atribuible a la medición Y_{ij}

3.3.7. Métodos de evaluación y datos a tomarse.

Para establecer las diferencias entre los tratamientos se aplicó un análisis de varianza (ANOVA). Para conocer las diferencias entre las medias de los tratamientos se aplicó la prueba de Diferencia Mínima Significativa (LSD), al 5% del nivel de significancia.

3.3.8. Análisis de varianza ANOVA.

El ANOVA (Análisis de la Varianza) para un diseño completamente al azar (DCA) con 3 repeticiones, es una técnica estadística que se va a utilizar en el contexto de estos diseños serán utilizados para estudiar el efecto de las variables.

Tabla 10.

Anova para el diseño completamente al azar (DCA).

Fuente de variabilidad	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F_0	Valor - p
Tratamientos	$SC_{TRAT} = \sum_{i=1}^{k} \frac{Y_{i.}^2}{n_i} - \frac{Y_{..}^2}{N}$	$k-1$	$CM_{TRAT} = \frac{SC_{TRAT}}{k-1}$	$\frac{CM_{TRAT}}{CM_E}$	$P(F > F_0)$
Error	$SC_E = SC_T - SC_{TRAT}$	$N-k$	$CM_E = \frac{SC_E}{n-1}$		
Total	$SC_T = \sum_{i=1}^{k} \sum_{j=1}^{n_i} Y_{ij}^2 - \frac{Y_{..}^2}{N}$	$N-1$			

Nota: Tabla tomado del análisis y diseño de experimentos, por (Gutiérrez, 2024).

3.3.9. Pruebas de rangos múltiples.

Se aplicó un procedimiento de comparación múltiple para determinar cuáles medias son significativamente diferentes de otras, con un nivel de diferencia estadísticamente significativa del 95% de confianza. El modelo matemático es:

$$\boldsymbol{LSD = |\overline{Y}_i - \overline{Y}_j| > t_{\left(\frac{\alpha}{2}, N-K\right)} \sqrt{CM_E \left(\frac{1}{n_i} + \frac{1}{n_j}\right)}}$$

Donde:

***LSD*:** valor de la diferencia mínima significativa

k: numero de tratamientos

$|\overline{\gamma}_i - \overline{\gamma}_j|$**:** valor absoluto entre las medias muéstrales.

$t_{\left(\frac{\alpha}{2}, N-K\right)}$ **:** distribución T de Student con N-k grados de libertad que corresponden al error.

CM_E**:** cuadrado medio del error que se obtiene de la tabla ANOVA.

n_i, n_j**:** número de observaciones para los tratamientos i y j, respectivamente.

3.4. MANEJO DE LA INVESTIGACIÓN.

3.4.1. Obtención del extracto de Apio por el método de maceración.

Este proceso se llevó a cabo en la planta de procesos del complejo agroindustrial de la U.E.B, con el objetivo de obtener un extracto natural de Apio fresco mediante la técnica de maceración trazado por los siguientes pasos:

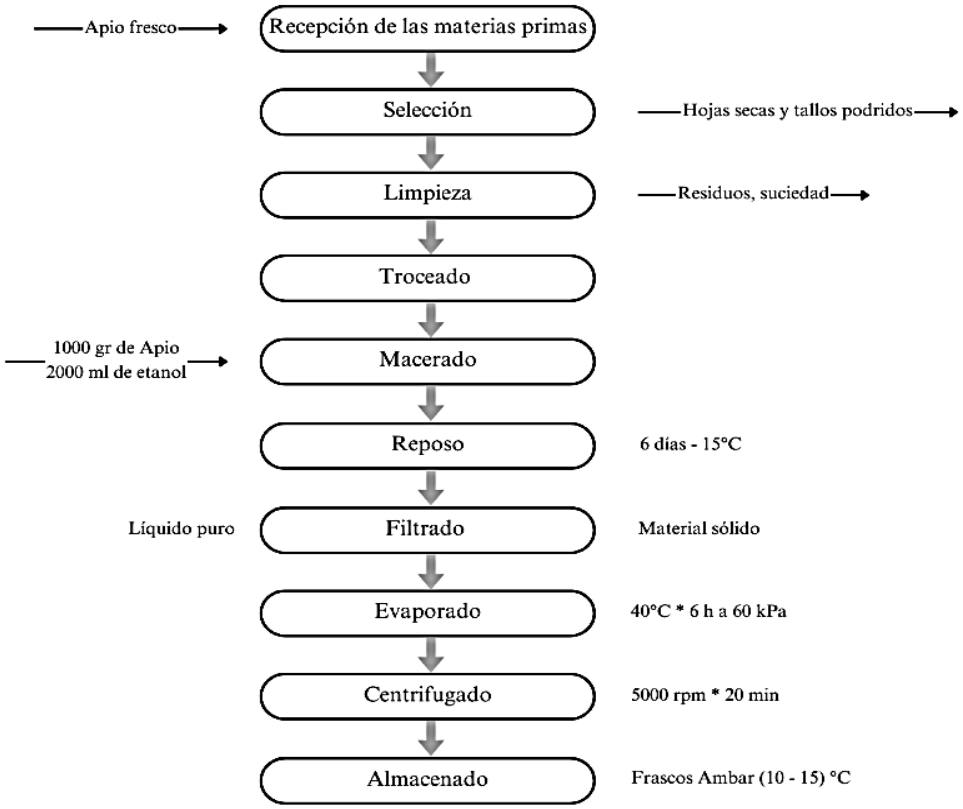
1. **Recepción de la materia prima:** El apio fresco y en buen estado se compró en la ciudad de Riobamba y fue llevado a la planta de procesos del complejo agroindustrial.
2. **Selección:** Se seleccionó el apio fresco y en buen estado liberando los apios en mal estado, secos, marchitados y tallos podridos.
3. **Limpieza:** Se lavó el apio fresco para eliminar cualquier suciedad o residuo.
4. **Troceado:** Se cortó el apio en trozos pequeños de forma manual con el objetivo de que no tenga contacto con ningún metal, así facilitar la extracción de los componentes.
5. **Macerado:** Se colocó 1000 gr de Apio fresco y 2000 ml de etanol en cuatro recipientes diferentes, cada frasco con 250 gr de Apio fresco y 500 ml de etanol en relación (2:1).
6. **Reposo:** El macerado tuvo un reposo de 6 días, a una temperatura de 15°C en un lugar libre de luz en donde se pudo observar principalmente la maximización en la eficiencia de obtención de los componentes específicos del apio, se da una mayor interacción entre el solvente (etanol) y el apio del mismo que facilito la disolución y transferencia de los compuestos deseados hacia el solvente.
7. **Filtrado:** Una vez que el apio fue macerado se filtró todo el líquido separando los sólidos para obtener el solvente.

8. **Evaporado:** Se logró evaporar al vacío con la ayuda del equipo rotavapor donde se pudo observar la separación del solvente de la mezcla del apio y etanol por un aproximado de 6 horas a 40°C, colocado en un matraz de evaporación en baño de agua a 35°C, junto a otro matraz recolector a 60 kPa de presión en la bomba de vacío que además se logró recuperar el reciclaje de etanol en un total de 350 ml de los 2000 ml añadidos al principio, los mismos que pueden ser utilizados para usos futuros.
9. **Centrifugado:** Se colocó en una centrifuga para separar componentes sólidos de la mezcla a 5000 rpm, durante 20 minutos, que nos permitió obtener el extracto más puro clarificado libre de partículas fibrosas dejando el líquido más homogéneo.
10. **Almacenado:** El extracto se puede almacenar en frascos de vidrio ámbar las mismas que bloquean la luz y ayudan a preservar los compuestos y propiedades del extracto evitando su degradación.

3.4.2. Diagrama de flujo del proceso de maceración del extracto de Apio.

Figura 6.

Diagrama de flujo del proceso de maceración.



Nota: Diagrama elaborado por autores (2025)

3.4.3. Proceso de liofilización del extracto del Apio.

Este procedimiento se llevó a cabo en el laboratorio de investigación y vinculación de la U.E.B, donde para liofilizar el extracto de Apio fresco el proceso generalmente sigue estos pasos:

1. **Recepción:** El líquido fue seleccionado (1650 ml de extracto) y fue colocado en recipientes de 15 ml, para colocarlos posteriormente en el equipo liofilizador
2. **Congelación:** Los recipientes fueron colocados en congelación a 40°C, durante 24 horas, para evitar la formación de cristales grandes que puedan dañar las estructuras moleculares sensibles.
3. **Liofilizado:** En este proceso se pudo observar como el agua se elimina del extracto mediante una sublimación directa llevando consigo dos etapas principales:

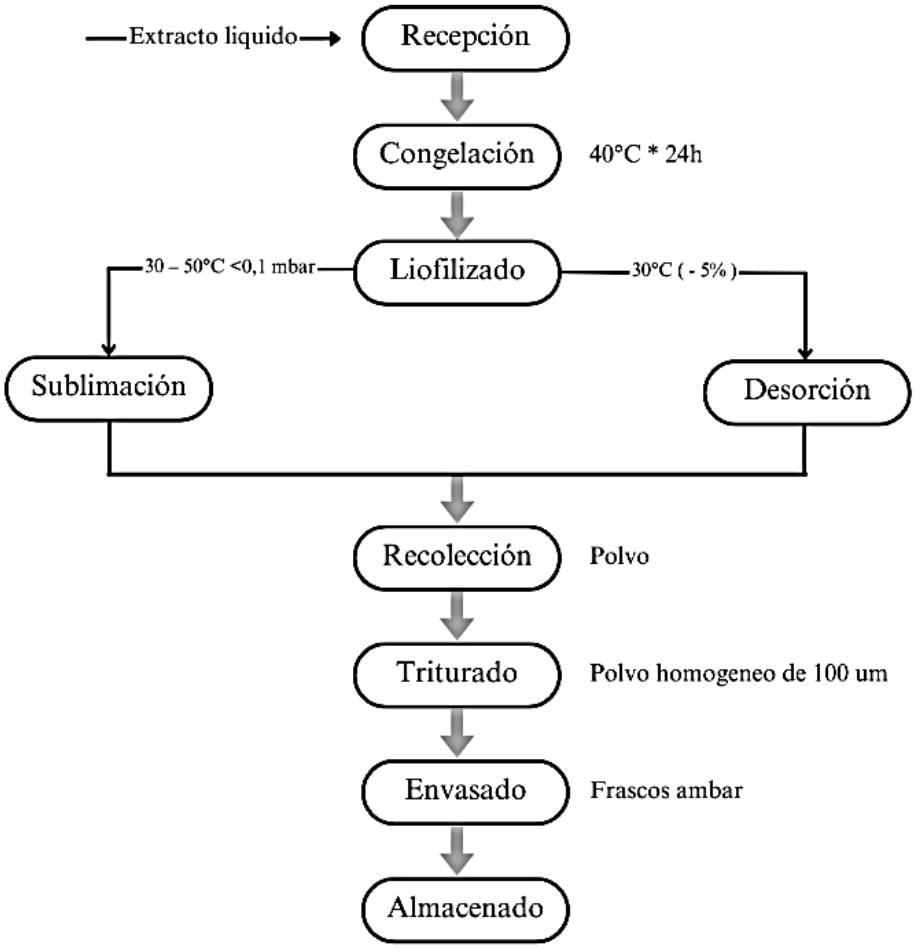
   Fase 1. Secado primario (sublimación): Se ajustó la presión a niveles bajos entre <0,1 mbar, a una temperatura de 30 – 50°C, mientras el condensador fue operando a – 60°C etapa en la cual el hielo se sublima directamente hasta el 95% del agua.

   Fase 2. Secado secundario (desorción): Se pudo observar la eliminación del hielo para continuamente aumentar la temperatura a unos 30°C, para eliminar el agua residual adsorbida, por lo que se puede considerar un paso crucial para reducir la humedad final a niveles entre 5% asegurando la estabilidad del extracto.
4. **Recolección:** Se retiró el polvo seco de la cámara del equipo, obtenido como resultado de la liofilización.
5. **Triturado:** El polvo fue triturado en un molino a 100 μm aún más para obtener un polvo homogéneo.
6. **Envasado:** El polvo seco fue envasado en recipientes de vidrio ámbar herméticos.
7. **Almacenado:** El producto fue almacenado adecuadamente para conservar su estabilidad y sus propiedades y componentes.

3.4.4. Diagrama de flujo del proceso de liofilización del extracto del Apio.

Figura 7.

Diagrama de flujo de la liofilización del extracto de Apio.



Nota: Diagrama elaborado por autores (2025)

3.4.5. Formulación para la elaboración de la salchicha Frankfurt.

La salchicha Frankfurt es un tipo de embutido de origen alemán, que se caracteriza por su sabor suave, textura jugosa y su proceso de elaboración específico. A continuación, se proporciona una formulación básica para la elaboración de salchichas Frankfurt, que incluye los ingredientes y pasos fundamentales para prepararlas.

Tabla 11.

Formulación para la elaboración de la salchicha Frankfurt.

Ingredientes g/1kg salchicha	T1 Control	T2 0,20%	T3 0,40%	T4 0,60%
Carne de res	300	300	300	300
Carne de cerdo	300	300	300	300
Grasa de cerdo	150	150	150	150
Almidón	30	30	30	30
Sal	20	20	20	20
Extracto de Apio	**0**	**0,20**	**0,40**	**0,60**
Ácido ascórbico	0,3	0,3	0,3	0,3
Eritorbato	0,2	0,2	0,2	0,2
Tripolifosfato	4	4	4	4
Canela en polvo	0,1	0,1	0,1	0,1
Humo liquido	1	1	1	1
Cebolla en polvo	2	2	2	2
Ajo en polvo	2	2	2	2
Comino en polvo	2	2	2	2
Rojo carmín	2	2	2	2
Hielo	200	200	200	200

Nota: Elaborado por autores (2025)

3.4.6. **Proceso para la elaboración de la salchicha Frankfurt.**

Este producto fue elaborado en la planta del complejo agroindustrial de la U.E.B, según los tratamientos en estudio añadiendo el extracto pulverizado de Apio en porcentajes diferentes como sustituto del nitrito de sodio basándose en todas las normas de calidad y seguridad:

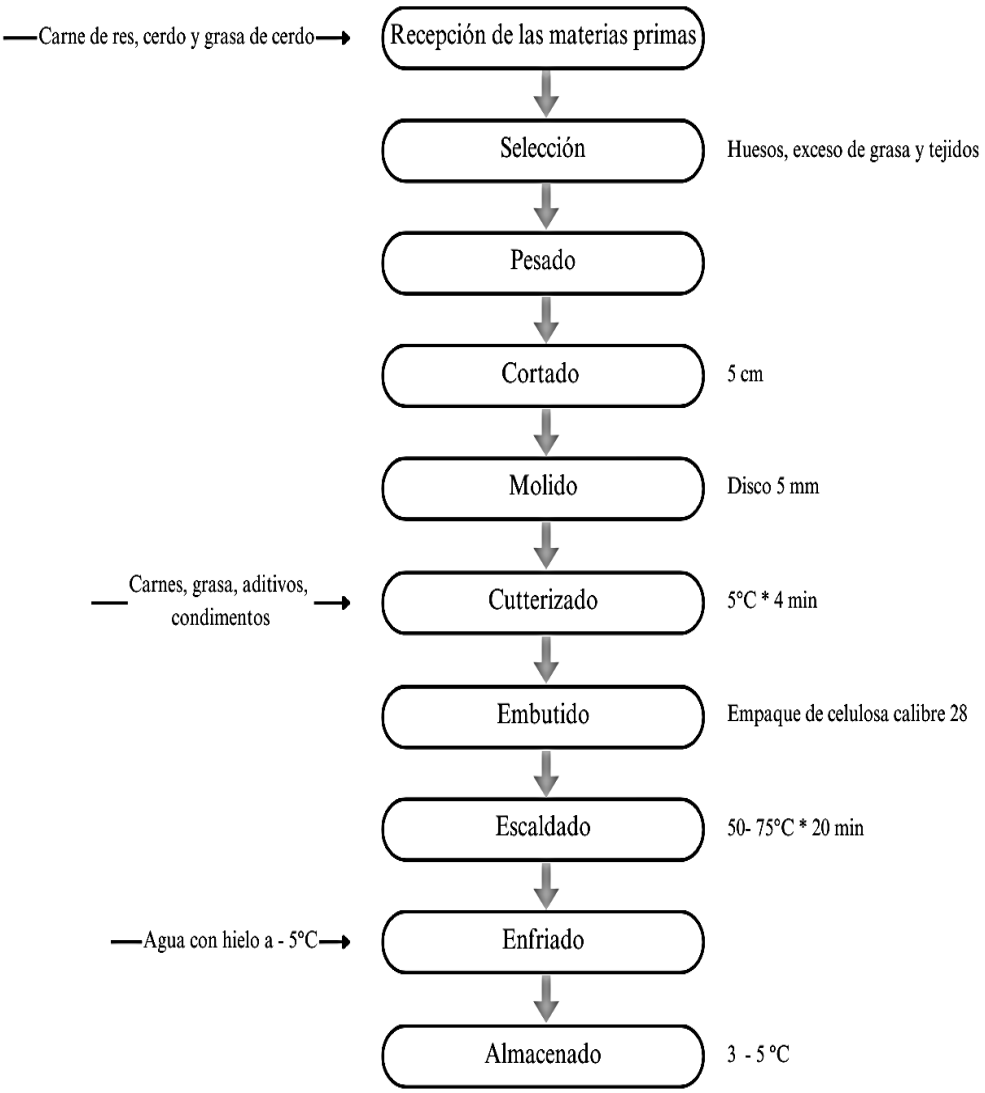
1. **Recepción de las materias primas:** Para la elaboración de la salchicha Frankfurt se utilizó las carnes de res, cerdo y grasa de cedo con temperatura (4ºC máx.), el pH (5.8 a 6.2) y se verificó que las características organolépticas estuvieran acordes con cada una de ellas para continuar con la elaboración del embutido.
2. **Selección:** Se procedió a lavar las carnes y retirar despojos como huesos, exceso de grasa y tejido conectivo y dejar libre de impurezas.
3. **Pesado:** De acuerdo a las formulaciones propuestas, se realizó el pesaje de cada uno de los ingredientes como aditivos, condimentos y todo lo necesario que fueron utilizadas para el embutido.

4. **Cortado:** Se efectuó cortes de cada materia prima cárnica por separado con la ayuda de un cuchillo en (tamaño aproximado de 5 cm) sobre tablas de polietileno y se colocaron en bandejas de aluminio respectivamente.
5. **Molido:** Con la ayuda de un molino con disco de 5 mm se obtuvo una molienda de cada una de las carnes y fueron colocados por separado en las bandejas de aluminio respectivamente.
6. **Cutterizado :** Primero se mezcló la carne de res y cerdo previamente molidas junto con la sal, se encendió el cutter y de a poco fueron añadidos la grasa y el 75% de hielo, junto a ello se añadió los aditivos (fosfato, almidón, eritorbato y todos los condimentos), el extracto de apio pulverizado fue incorporado en la fase de los condimentos para que no altere al producto, debido a que remplaza al nitrito de sodio, luego se añadió el 25% del hielo restante junto a ello el humo líquido, el rojo carmín y por último el ácido ascórbico diluido en agua y se esperó a que existiera una mezcla homogénea y que se hubiera creado la emulsión.
7. **Embutido:** La mezcla se trasladó a la embutidora, se acomodó el empaque artificial de celulosa calibre 28 en la boquilla y se introdujo a presión, la máquina fue embutiendo de forma automática para luego atar el embutido manualmente a medida de entre 18 cm en promedio de 25 gr.
8. **Escaldado:** Las salchichas fueron introducidas en una olla con agua caliente para el escaldado controlando la temperatura externa hasta alcanzar una temperatura interna del producto.
9. **Enfriado:** Al terminar el proceso de escaldado, inmediatamente se retiraron las salchichas y se introdujeron dentro de recipiente en agua fría con hielo por 10 min.
10. **Almacenamiento:** Las salchichas fueron introducidas al refrigerador que mantiene una temperatura de 3 a 5ºC para luego ser utilizado en pruebas de tratamientos y análisis respectivos.

3.4.7. Diagrama de flujo de la elaboración de la salchicha Frankfurt.

Figura 8.

Diagrama de flujo de la elaboración de la salchicha Frankfurt.



Nota: Diagrama elaborado por autores (2025)

3.4.8. Determinación bromatológica del extracto de Apio liofilizado.

3.4.8.1. Antioxidantes

Este proceso fue realizado por el método ABTS (Acido 2,2-azino-bis-(3-etilbenzotiazolina)-6-sulfonico), donde se mezcló 200 uL de extracto de Apio liofilizadas más 3800 uL de solución de trabajo de ABTS, consecutivamente la muestra se dejó reposar durante 45 minutos para posteriormente medir la absorbancia, las cuales se midieron a una longitud de onda de 734nm. Mencionando que se elaboró una curva de calibración utilizando estándar de Trolox.

3.4.8.2. Flavonoides

Este análisis se realizó por el método de Kumazawa et, (2004), donde se preparó la solución madre con 1500 ppm de quercetina diluidos, el mismo que se mezcló con 250 μL de cloruro de aluminio al 2% más los 500 μL de estándar o blanco de muestra mas 250 μL de agua destilada que fue incubada por 10 min para posteriormente obtener una curva de calibración con concentraciones diferentes por medio del detector UV-VIS a 425 nm (longitud de onda específica para flavonoides), finalmente se analizó un análisis cromatográfico y la cuantificación comparando el tiempo de retención del pico correspondiente ala quercetina con el estándar identificando el rango de los compuestos presentes en el extracto.

3.4.8.3. La espectroscopía infrarroja transformada de Fourier (FTIR)

Para este análisis se tomó una cierta cantidad de muestra extracto de apio liofilizado, que fue colocado en el equipo FTIR para que tenga contacto con luz infrarroja en un rango específico de longitudes de onda a radiación absorbida por la muestra en donde se detectó y convirtió en un espectro de absorción, luego se pudo observar el espectro resultante que mostro picos en las frecuencias correspondientes a las vibraciones de los enlaces químicos en la muestra donde la posición, intensidad y forma de estos picos permitieron identificar los grupos funcionales presentes en la muestra y la estructura molecular.

3.4.9. Determinación de las propiedades fisicoquímicas de la salchicha.

3.4.9.1. Humedad

Este análisis se realizó mediante la norma AOAC 925.10, donde se determinó la cantidad de agua presente en el producto y es clave para garantizar que la salchicha sea segura, sabrosa y cumpla con las normas de calidad.

$$\%\,\boldsymbol{humedad} = \frac{(\boldsymbol{M} - \boldsymbol{m})}{\boldsymbol{M}} * \mathbf{100}$$

Ecuación 1. *Fórmula para calcular la humedad en (%)*

Donde:

$\boldsymbol{M}$: Peso inicial en g de la salchicha.

$\boldsymbol{m}$: Peso en g de la salchicha seca.

3.4.9.2. Cenizas

Este análisis se realizó mediante la norma AOAC 923.03, fue importante para evaluar la composición mineral, la calidad y la pureza de una salchicha.

$$\%\ \boldsymbol{cenizas} = \frac{\boldsymbol{100} * \ (\boldsymbol{P_1} - \boldsymbol{P_2})}{\boldsymbol{P}}$$

Ecuación 2. *Fórmula para calcular la ceniza en (%)*

Donde:

$\boldsymbol{P}$: El peso en g del crisol con la salchicha.

$\boldsymbol{P_1}$: El peso en g del crisol con la ceniza.

$\boldsymbol{P_2}$: El peso en g del crisol vacío.

3.4.9.3. pH

Este análisis se realizó bajo la norma INEN 783, donde se determinó la acidez o alcalinidad del producto, lo que es fundamental para varios aspectos de su calidad, seguridad y estabilidad.

3.4.9.4. Grasa

Este análisis se realizó bajo la norma AOAC 2003.06, fue crucial para asegurar que el producto cumpla con las normativas de seguridad alimentaria, ofrecer productos de alta calidad y mantener el control sobre los aspectos nutricionales y sensoriales ayudando a garantizar y asegurar que los consumidores reciban información clara sobre lo que están consumiendo.

$$(\%)\boldsymbol{grasa} = \frac{\boldsymbol{P_2}}{\boldsymbol{P_1}} * 100$$

Ecuación 3. *Fórmula para calcular la grasa en (%)*

Donde:

$\boldsymbol{P_1}$: El peso de la muestra inicial.

$\boldsymbol{P_2}$: El peso de la grasa extraída.

3.4.9.5. Nitrito residual

Este proceso de análisis de nitrito residual presentes en la salchicha Frankfurt con extracto de Apio, se realizó en el laboratorio LASA, con el fin de garantizar la seguridad del consumidor, cumplir con las normativas de salud pública, y asegurar que el producto final tenga la calidad y características deseadas. El análisis de nitrito residual en salchichas Frankfurt es una parte crucial para garantizar la seguridad alimentaria, la calidad del producto y el cumplimiento de las normativas sanitarias.

3.4.10. Evaluación microbiológica de la salchicha Frankfurt.

- ***Escherichia coli.***

Se realizó mediante el método de petrifilm (AOAC 991.14), técnica rápida y eficiente que muestra la ausencia de bacterias en la salchicha Frankfurt con extracto de Apio liofilizado.

- **Coliformes Totales**

Este análisis se determinó mediante la técnica de petrifilm (AOAC 991.14), técnica practica y confiable en donde indica la ausencia de bacterias en nuestra salchicha, asegurando que el embutido sea seguro de calidad y adecuado para el consumo humano.

- ***Salmonella***

Este análisis se realizado en base a la técnica de petrifilm, donde existe ausencia de microrganismos en la salchicha, debido a su impacto en la seguridad alimentaria y la salud pública, indispensable para garantizar que la salchicha sea un producto seguro para el consumo.

- **Mohos y Levaduras**

Este análisis se determinó utilizando la técnica de petrifilm (AOAC 997.02), donde nos permite visualizar la ausencia de estas bacterias en la salchicha, indicando que el producto está bien elaborado y conservado.

- ***Staphylococcus aureus***

Análisis que fue realizado bajo la técnica de petrifilm (AOAC 2003.07), que generalmente es un indicador positivo de inocuidad y calidad, en lo cual muestra ausencia de estas bacterias en la salchicha, reflejando un producto higiénico y seguro.

CAPITULO IV

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

4.1. Obtención del extracto de Apio.

Se realizó el proceso de extracción del extracto de Apio fresco por el método de maceración con etanol, con el objetivo de extraer compuestos y propiedades bioactivas del material vegetal por lo que es una técnica sencilla y efectiva para obtener extractos ricos en compuestos deseados.

Tabla 12.

Rendimiento del extracto de Apio por maceración con etanol.

Peso de materia prima	Etanol	Etanol residual	Extracto libre de solvente	Rendimiento
1000 gr	2000 ml	350 ml	1650 ml	**55%**

Nota. Este trabajo se realizó en el departamento de investigación de la U.E.B.

En la tabla 12 indica el cálculo del rendimiento del extracto de apio a partir del proceso de maceración con etanol, determinando la cantidad de extracto donde se puede obtener una cantidad específica de apio en función de varios factores como la proporción de la planta utilizada, el tiempo de maceración, la temperatura, y el solvente utilizado.

$$\boldsymbol{Rendimiento} = \frac{Peso\ Final}{Peso\ Inicial} * 100$$

$$Rendimiento = \frac{1650\ ml}{3000} * 100$$

$$Rendimiento = \mathbf{55}\%$$

Ecuación 4. *Fórmula para calcular el rendimiento del extracto total de Apio en (%)*

4.1.1. Obtención del liofilizado y pulverizado del extracto de Apio.

La liofilización y pulverización del extracto de apio son procesos efectivos para obtener un producto en polvo que conserva las propiedades bioactivas del apio y que tiene una

larga vida útil. La liofilización preserva los compuestos delicados, mientras que la pulverización facilita el manejo y la dosificación del extracto.

Tabla 13.

Rendimiento del extracto de Apio liofilizado y pulverizado.

Peso de materia prima	Liofilizado	Pulverizado	Rendimiento
1650 ml	743.98 gr	139,98 gr	**8,4%**

Nota. Este trabajo se realizó en el departamento de investigación de la U.E.B.

$$\boldsymbol{Rendimiento} = \frac{Peso\ Final}{Peso\ Inicial} * 100$$

$$\boldsymbol{Rendimiento} = \frac{139{,}98\ gr}{1650\ ml} * 100$$

$$Rendimiento = \mathbf{8,4}\%$$

Ecuación 5. *Fórmula para calcular el rendimiento del extracto total de Apio en (%)*

Para calcular el rendimiento del extracto de Apio liofilizado y pulverizado final, se comparó la cantidad de Extracto pulverizado final obtenido con la cantidad de extracto liofilizado inicial que se utilizó al principio dándonos como resultado la eficiencia del proceso de obtención del extracto en términos de preservación de la masa del material original.

4.1.2. Análisis de antioxidantes del extracto de Apio.

Para la determinación de la capacidad antioxidante expresada en (µmol ET/g muestra) por el método del ABTS se midió la absorbancia de las distintas concentraciones de TROLOX para posteriormente elaborar una curva estándar.

Tabla 14.

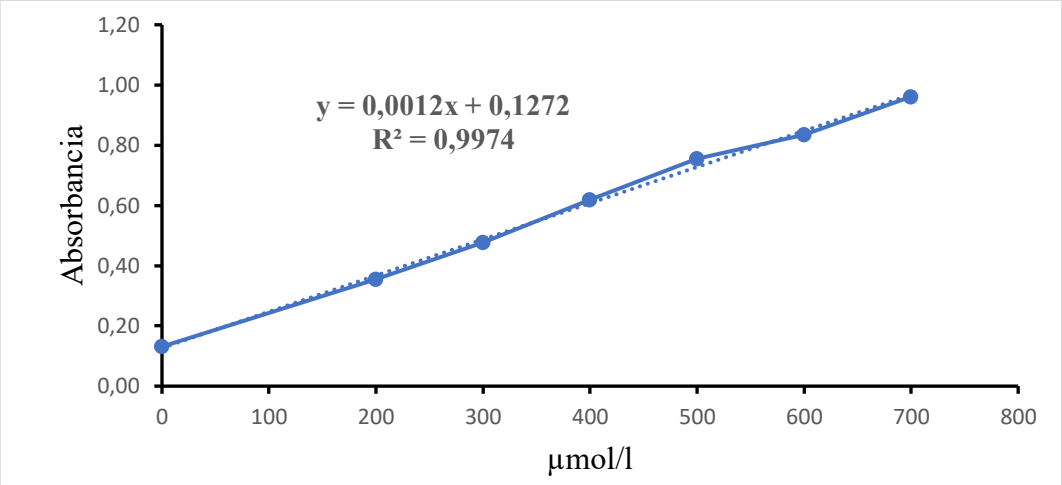
Análisis de absorbancia por el método ABTS.

Absorbancia λ=734nm	Absorbancia Neta	Concentración (µmol/l)	Peso muestra (g)	Volumen aforo (l)	µmol ET/g muestra	PROM
0,19	0,93	666,87	0,3068	0,025	326,05	
0,17	0,95	683,53	0,3068	0,025	334,19	**331,47**
0,17	0,95	683,53	0,3068	0,025	334,19	

Nota. Este análisis se realizó en el laboratorio del departamento de investigación de la U.E.B.

Figura 9.

Curva estándar de absorbancia de trolox.



Nota. Elaborada por autores (2024)

Al visualizar el grafico por el método ABTS se basa en la capacidad de los antioxidantes presentes en la muestra que neutraliza el radical ABTS•+, un radical libre que fue medido espectrofotométricamente, con valores de absorbancia a una longitud de onda de 734 nm de las distintas concentraciones detalladas y la ecuación de la línea de tendencia muestra una relación lineal entre la concentración de trolox en un rango de 0 a 800 µmol/L dando como resultado ; y; 0,0012x + 0,1272, con un $R^2 = 0,9974$ destacando que están dentro del rango, además según fuentes bibliográficos como (INTA, 2021) tiene un promedio de (290 µmol ET/g).

4.1.3. Análisis de flavonoides del extracto de Apio.

Se aplico la técnica de kumazawa para determinar el contenido de flavonoides totales en muestra del extracto de Apio, técnica que demostró la información de complejos de flavonoides con el cloruro de aluminio el mismo que demostró un cambio de color medible por espectrofotometría.

Tabla 15.

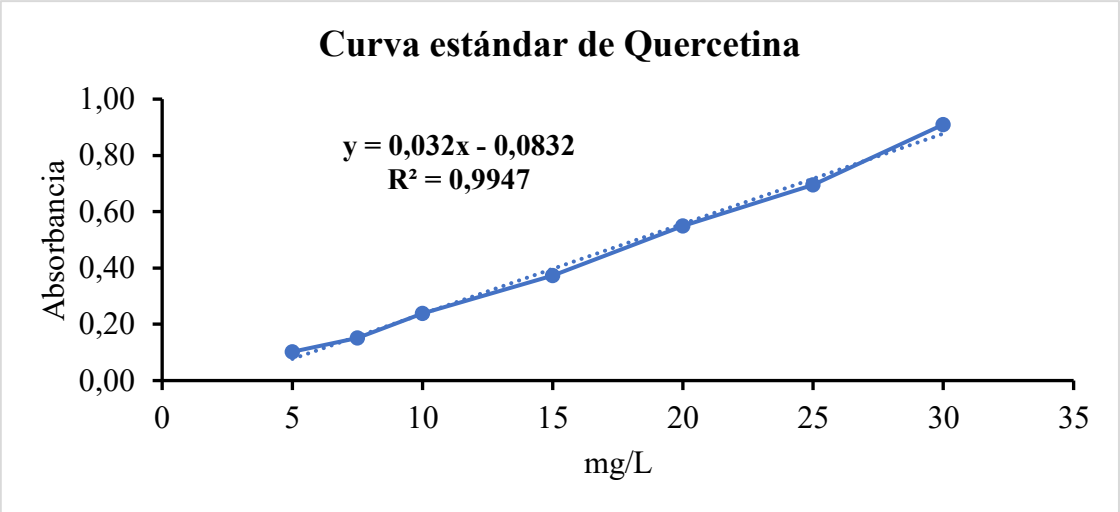
Análisis de la absorbancia por el método kumazawa.

	Réplicas	m1	m2	m3	Prom.	Concentración (mg/l)	mg Eq QE/L	Prom
Extracto de apio fresco	1	0,55	0,64	0,51	0,57	20,2941	121,76	**118,02**
	2	0,53	0,52	0,53	0,53	19,0450	114,27	
	3	0,55	0,57	0,52	0,55	19,6696	118,02	
Extracto de apio liofilizado	1	0,81	0,93	0,79	0,84	28,9338	723,35	**705,13**
	2	0,81	0,81	0,80	0,81	27,7888	694,72	
	3	0,79	0,79	0,85	0,81	27,8929	697,32	

Nota. Este análisis se realizó en el laboratorio del departamento de investigación de la U.E.B

Figura 10.

Curva estándar de quercetina.



Nota. Elaborada por autores (2025)

Esta figura muestra el resultado de la curva estándar de quercetina generalmente expresado como una relación entre la concentración de quercetina y la absorbancia medida a una longitud de onda especifica de 425 nm.

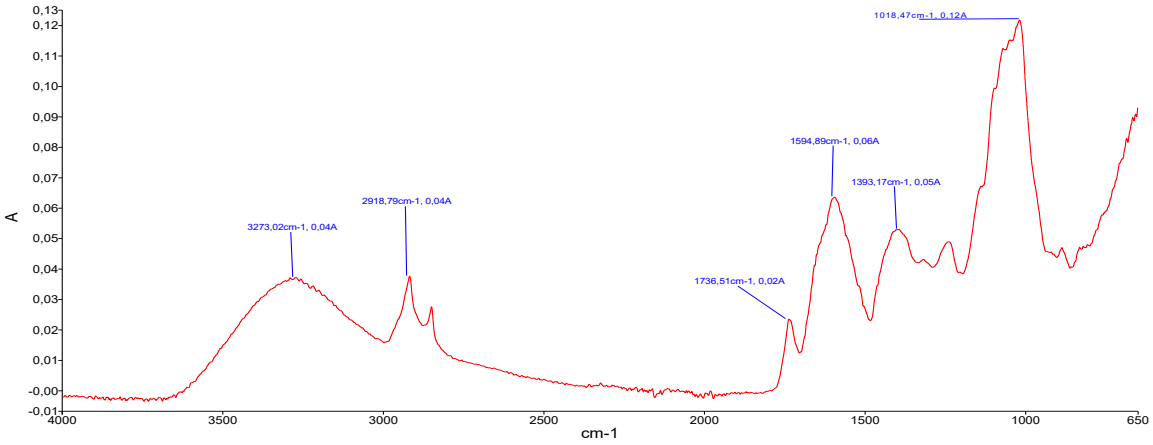
4.1.4. Determinación del (FTIR) del extracto de Apio.

Una técnica útil donde se pudo caracterizar los compuestos químicos, presentes en el extracto de Apio, permitiendo identificar los grupos funcionales y enlaces químicos en

las moléculas ayudando a determinar la composición química del extracto, para evaluar su calidad y relacionar sus propiedades con aplicaciones prácticas.

Figura 11.

Grupos funcionales del extracto de Apio.



Nota. Los picos observados en la figura del espectro indican las frecuencias específicas de vibraciones de los enlaces químicos en las moléculas presentes en el extracto de Apio liofilizado.

Tabla 16.

Grupos funcionales del extracto de Apio de FTIR.

Número pico	X (cm-1)	Y (%T)	Grupo Funcional	Rango
1	3271,28	90,31	OH (hidroxilo)	Alcoholes y fenoles
2	2918,45	90,3	C-H (grupo fenol)	Flavonoides
3	1736,96	93,92	C=O (carbonilo)	Ésteres - cetonas
4	1598,33	84,25	C=C (anillo bencénico)	Anillos aromáticos
5	1393,18	86,67	(CH_3) (grupos metilo)	Hidrocarburos
6	1239,99	87,64	C-O (grupos arilo)	Esteres,
7	1018,12	72,26	C-O (Alcoholes)	Éteres

Nota. Tabla elaborada por autores basado en (Del Pino, 2022)

El extracto de apio contiene diversos grupos funcionales asociados a los compuestos quimicos que le otorgan sus propiedades beneficiosas como antioxidantes, antiinflamatorias y potencialmente beneficiosas para la salud (Bioquímica, 2021).

4.2. Elaboración de la salchicha Frankfurt con extracto de Apio.

En la siguiente tabla se detalla los pesos finales obtenidos de la elaboración de los tratamientos de la salchicha de acuerdo a las concentraciones de extracto de apio liofilizado utilizado en su elaboración.

Tabla 17.

Pesos del embutido de cada tratamiento.

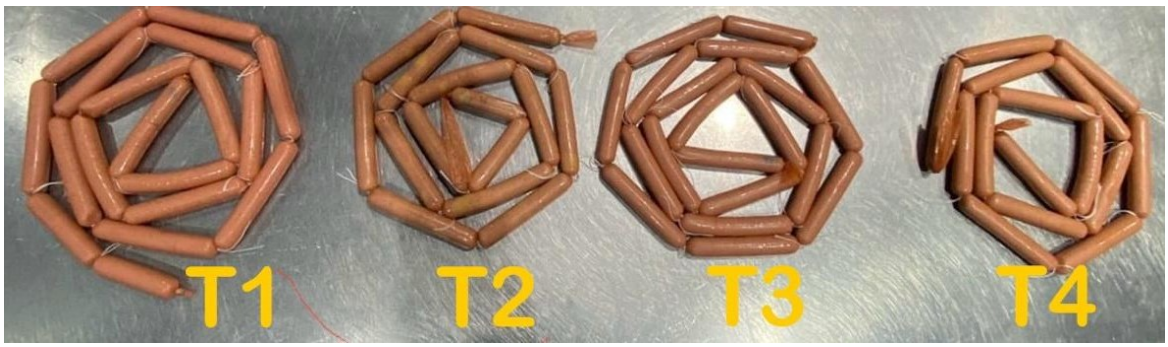
T1 Control	T2 0,20%	T3 0,40%	T4 0,60%
505 gr	505 gr	510 gr	510 gr

Nota. Elaborado por autores (2025)

En la tabla 17 se puede observar los resultados de los pesos finales de los tratamientos realizados con diferentes porcentajes de extracto de Apio, como sustituto del nitrito de sodio. Ofrece una alternativa más natural y segura para la conservación, con menos preocupaciones sobre los efectos potenciales en la salud asociados con los nitritos sintéticos, mientras sigue brindando las propiedades necesarias para la preservación y el color del producto (Hord, 2023).

Figura 12.

Tratamientos con extracto de Apio.



Nota. Este producto fue elaborado por los autores.

En la figura 12 se puede observar los 4 tratamientos como resultados finales de los embutidos, en cada tratamiento se aplicaron diferentes concentraciones de extracto de

Apio liofilizado como sustituto al nitrito de sodio, el mismo que mantiene el color rosado o rojo, que al momento de ser procesado el producto presenta un color final diferente debido a la cantidad de extracto utilizado:

Tratamiento 1 (Control): En este tratamiento no se utilizó el extracto de Apio por algunas preferencias, este tratamiento resulta en una intensificación del color (rosado claro o suave) de sabor y textura poco agradable debido a la ausencia de nitritos y este producto puede presentar un reto en términos de seguridad microbiológica, por lo que su fabricación debe hacerse bajo condiciones controladas.

Tratamiento 2 (0,20%): Incorporado con 0,20% de extracto de Apio el cual represento un sabor agradable con una intensificación del color (rosado pálido) y textura moderada debido a que el embutido está curado con cierto porcentaje de nitritos y cocción a temperaturas moderadas el cual contribuyen a la prolongación de la vida útil de los embutidos al inhibir el crecimiento de microorganismos dañinos, lo que mejora la seguridad alimentaria.

Tratamiento 3 (0,40%): Incorporado con el 0,40% de extracto de Apio, donde se apreció un sabor y textura agradables en una intensificación del color (rojo claro) curado con nitritos naturales con una cocción a temperatura moderada, pero sin los riesgos asociados con los nitritos sintéticos.

Tratamiento 4 (0,60%): En este tratamiento se consideró un 0,60% de extracto de Apio con una intensificación del color (rosado) con una apariencia uniforme y suave, principalmente por la reacción de los nitritos naturales utilizados en el proceso de curado, este producto es más garantizado por la seguridad alimentaria y por la mejor característica sensorial del producto, como el color, la textura y el sabor. El control de su cantidad es esencial para evitar riesgos de formación de compuestos nocivos, mientras se asegura que el producto final sea seguro para el consumo y cumpla con las normativas de salud pública, asemejándose a una similitud de un producto comercial.

Podemos observar que nuestros tratamientos llevan colores muy diferentes Si el color cambia a tonos marrones o grises, puede ser señal de que la salchicha no está en óptimas condiciones o de que no se han utilizado nitritos.

4.3. Análisis físico – químicos de la salchicha Frankfurt.

Tabla 18.

Resultado de los análisis físico – químicos.

Variables	Método	Extracto de Apio			
		T1 Control	T2 0,20%	T3 0,40%	T4 0,60%
Grasa (%)	AOAC 2003.6	18,92	21,82	22,63	20,34
Humedad (%)	AOAC 925.10	45,78	46,68	47,54	48,51
Ceniza (%)	AOAC 923.03	12,19	14,79	14,72	16,37
pH (%)	INEN 783	5,18	5,92	5,99	6,25

Nota. Tabla elaborada por autores (2025)

En el análisis de la grasa se estima un promedio de 18,92%, mientras que (FEN, 2022) estima un aproximado de 22,6% de grasa total, por otro lado (Vallejo, 2022) indica que tien un valor de 20,14% de la misma forma (Farinango, 2022) señal un aproximado de 17,07% señalando que estos valores se alinean dentro de los parametros establecidos.

En la determinacion de la humedad se obtine un valor de 48,60%, mientras que (Guzman, 2022), indica un valor de 42,15%, por otro lado (Velasco, 2023) señal un valor de 44,85%, ademas (Guzman, 2022) resalta un valor de 50,56% por lo general estos valores estan determinados dentro de los rangos a comparacion con los demas autores.

En el analisis de las cenizas se obtiene un resultado 16,37%, donde (Guaman, 2023) indica un valor de 15,14%, ademas (Igor, 2022) muestra un resultado de 16,2%, por otro lado (Cevallos, 2023) obtiene un resultado de 14,89%, estos valores asuguran que el analisis cumple en los parametros establecidos comparados por los autores.

Durante el analisis del pH se obtien un valor de 6,25%, en donde (Palacios, 2023) indica un valor de 5,18%, ademas (Loyola, 2023) tiene un valor de 4,89%, considerando tambien de (Gonzales, 2023) que tiene un valor de 5% todos estos valores muestran que el analiss esta dentro de los parametros establecidos.

4.3.1. Análisis microbiológicos de la salchicha Frankfurt.

Tabla 19.

Resultados microbiológicos de la salchicha Frankfurt.

Parámetro	Unidad	Método	Resultado
Escherichia coli		Petrifilm (AOAC 991.14)	
Coliformes totales		Petrifilm (AOAC 991.14)	
Salmonella	Ufc	Petrifilm	**Ausencia**
Mohos y levaduras		Petrifilm (AOAC 997.02)	
Staphylococcus aureus		Petrifilm (AOAC 2003.07)	

Nota. Este análisis se realizó en el laboratorio del departamento de investigación de la U.E.B.

Se observa la ausencia de (*Escherichia coli*) en nuestro embutido lo cual es un indicativo de la calidad higiénico-sanitaria y esto indica que el producto es inocuo y crucial para garantizar la seguridad alimentaria por lo que es una bacteria que puede causar enfermedades gastrointestinales severas entre otros problemas de la salud y es una señal de que se han seguido las prácticas adecuadas de producción y que el producto es seguro para el consumo.

En el análisis de (Coliformes totales) se puede observar ausencia considerándose como un indicador importante de la calidad y seguridad del producto por lo que estos microorganismos son un grupo de bacterias que incluyen varias especies, algunas de las cuales pueden estar presentes en el intestino de animales y humanos, su presencia en los alimentos puede ser un signo de contaminación microbiológica y de deficiencias en las prácticas de higiene durante la producción por lo que es clave implementar prácticas adecuadas de higiene, manipulación y procesamiento.

La (*Salmonella*) también muestra ausencia por que se considera una bacteria patógena que puede causar infecciones graves con síntomas que incluyen fiebre, diarrea, náuseas y vómitos y su ausencia en el embutido asegura y garantiza que el producto es seguro para el consumo. Se puede decir que muestra ausencia también los (Mohos y levaduras) por que debido a esta contaminación pueden afectar el sabor, la textura y la apariencia del producto y en algunos casos pueden comprometer en su seguridad por lo que es crucial manejar estas técnicas de elaboración para garantizar su calidad y seguridad.

Los (*Staphylococcus aureus)* también nos indica su ausencia ya que esta bacteria puede producir toxinas que causan intoxicaciones alimentarias por lo que su ausencia en el embutido es crucial garantizando así la seguridad y calidad del producto final.

4.3.2. Anova para determinar el análisis de diferencia en el pH

4.3.2.1. Análisis de varianza para la variable pH

Tabla 20.

Análisis de varianza del pH.

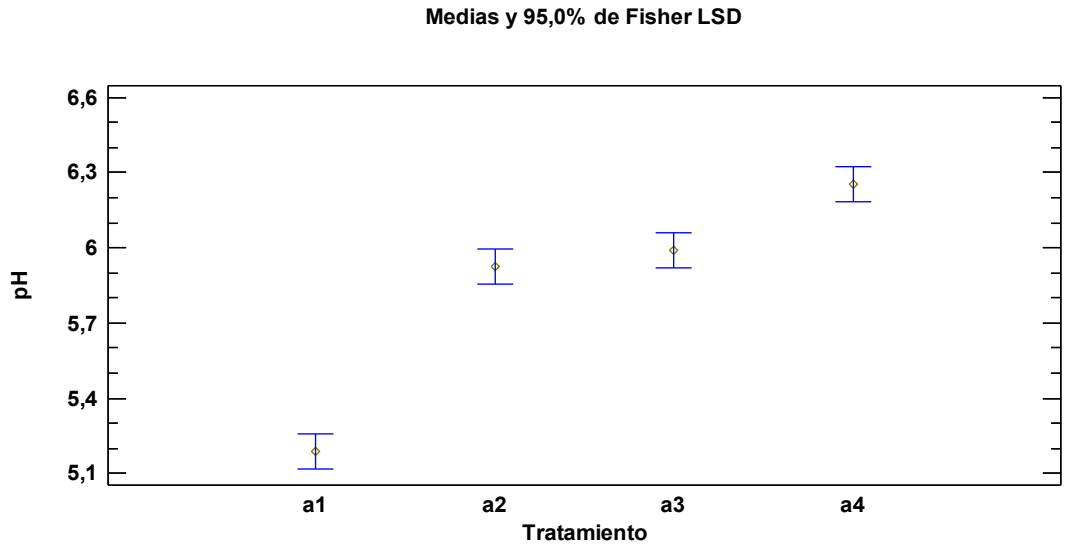
Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	1,87943	3	0,626478	111,49	0,0000
Intra grupos	0,0449533	8	0,00561917		
Total (Corregido.)	1,92439	11			

Nota. Elaborado por autores (2025)

En la tabla 23 indica el análisis de varianza, el cual se descompone la variabilidad de la variable respuesta del pH. Los valores de probabilidad, prueban la significancia estadística de los factores. Puesto que de los valores de probabilidad son menores que 0,05 estos factores tienen un efecto estadísticamente significativo sobre el pH con un 95,0% de nivel de confianza.

Figura 13.

Pruebas de medias en el factor pH.



En la figura 14 se muestra la comparación de medias de los niveles del factor de tratamientos en relación a la variable pH. Donde todos los tratamientos son diferentes entre sí, el tratamiento a1 muestra un valor de 5,188 este tratamiento está fuera del rango óptimo y puede afectar la textura, el sabor y podría comprometer la calidad del producto y aumentar el riesgo de proliferación bacteriana o una textura no deseada. Los tratamientos a2 con 5,926 y a3 con 5,991 están en un rango establecido lo que proporciona una buena textura, sabor ayudando a inhibir el desarrollo de bacterias patógenas. El tratamiento a4 con 6,253 establece en el rango y es un producto que contribuye a que el agua se mantenga en la carne y no se pierda, lo que influye en la estabilidad microbiológica y en la textura, este producto es crucial y seguro para el consumo con una textura y sabor adecuado y mantiene su calidad sensorial y estabilidad durante su almacenamiento.

Tabla 21.

Pruebas de Múltiple Rangos para la variable respuesta del pH.

Tratamiento	Casos	Media	Grupos Homogéneos
a1	3	5,18800	X
a2	3	5,92633	X
a3	3	5,99100	X
a4	3	6,25367	X

La tabla 24 indica los valores de medias de cada nivel y de cada factor: tratamientos de la variable pH de las cuatro muestras (Control: 0,2%: 0,4%: 0,6 %). En esta relación existen diferencias estadísticamente significativas. Los mejores tratamientos en relación a la variable del pH son los tratamientos a4 (salchicha con el 0,6% de extracto de Apio).

4.3.3. Anova para los parámetros sensoriales de la calidad de la salchicha.

4.3.3.1. Análisis de varianza para la variable de Olor.

Tabla 22.

Análisis de Varianza para variable Olor

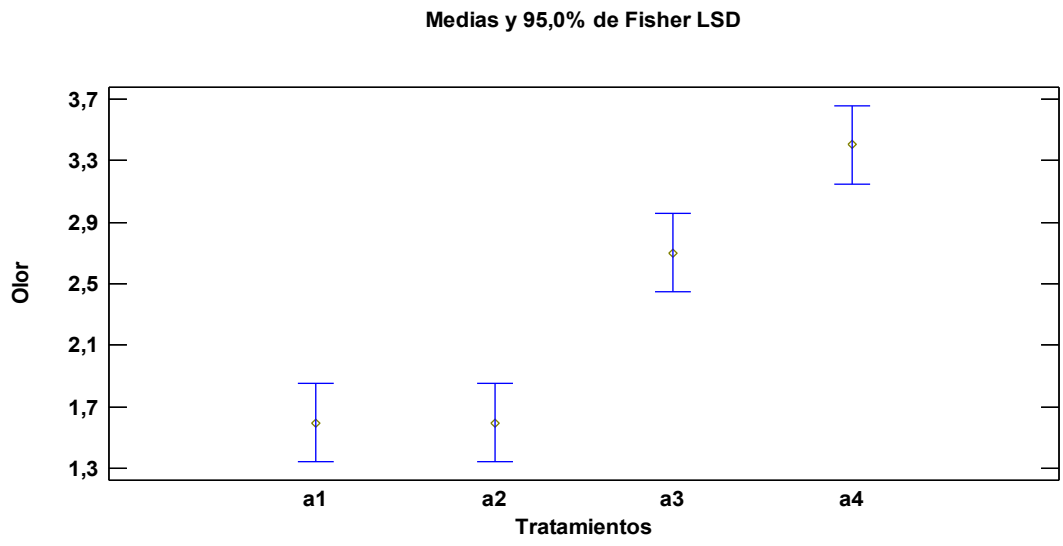
Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
A: Tratamientos	23,475	3	7,825	25,53	0,0000
B: Boque	3,025	9	0,336111	1,10	0,3976
Residuos	8,275	27	0,306481		
Total (Corregido)	34,775	39			

Nota. Elaborado por autores (2025)

La tabla 28 muestra la descomposición de la variable Olor en contribuciones debida al factor tratamiento. Puesto que valor de probabilidad es menor que 0,05, este factor tiene un efecto estadísticamente significativo sobre la variable Olor; con un 95,0% de nivel de confianza; por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna.

Figura 14.

Medias del Factor de la variable Olor.



En la figura 17 se muestra la comparación de medias de los niveles del factor de tratamientos en relación a la variable olor. Donde todos los tratamientos son diferentes entre sí.

Tabla 23.

Pruebas de Múltiple Rangos para variable Olor

Tratamiento	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
a1	30	1,6	0,175066	X
a2	30	1,6	0,175066	X
a3	30	2,7	0,175066	X
a4	30	3,4	0,175066	X

La tabla 29 indica la diferencia de medias de los cuatro tratamientos. Existe diferencia estadística debido a que las medias son diferentes. El tratamiento a4 presenta el valor más alto relacionado a la variable olor.

4.3.3.2. Análisis de varianza para la variable de Color

Tabla 24.

Análisis de Varianza para la variable color.

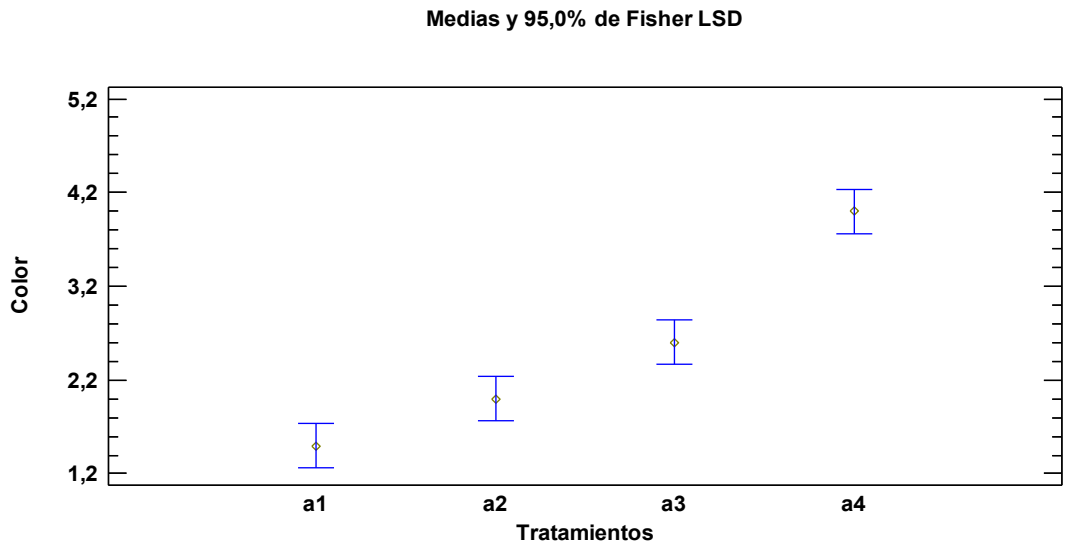
Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
A: Tratamientos	35,075	3	11,6917	44,00	0,0000
B: Boque	1,725	9	0,191667	0,72	0,6854
Residuos	7,175	27	0,265741		
Total (Corregido)	43,975	39			

Nota. Elaborado por autores (2025)

La tabla 30 muestra la descomposición de la variable color en contribuciones debida al factor tratamiento. Puesto que valor de probabilidad es menor que 0,05, este factor tiene un efecto estadísticamente significativo sobre la variable color; con un 95,0% de nivel de confianza; por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna.

Figura 15.

Medias del Factor de la variable color



En la figura 18 se muestra la comparación de medias de los niveles del factor de tratamientos en relación a la variable color. Donde todos los tratamientos son diferentes entre sí.

Tabla 25.

Pruebas de Múltiple Rangos para variable color.

Tratamiento	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
a1	30	1,5	0,163016	X
a2	30	2,0	0,163016	X
a3	30	2,6	0,163016	X
a4	30	4,0	0,163016	X

La tabla 32 indica la diferencia de medias de los cuatro tratamientos. Existe diferencia estadística debido a que las medias son diferentes. El tratamiento a4 presenta el valor más alto relacionado a la variable color.

4.3.3.3. Análisis de varianza para la variable de Sabor.

Tabla 26.

Análisis de Varianza para la variable sabor.

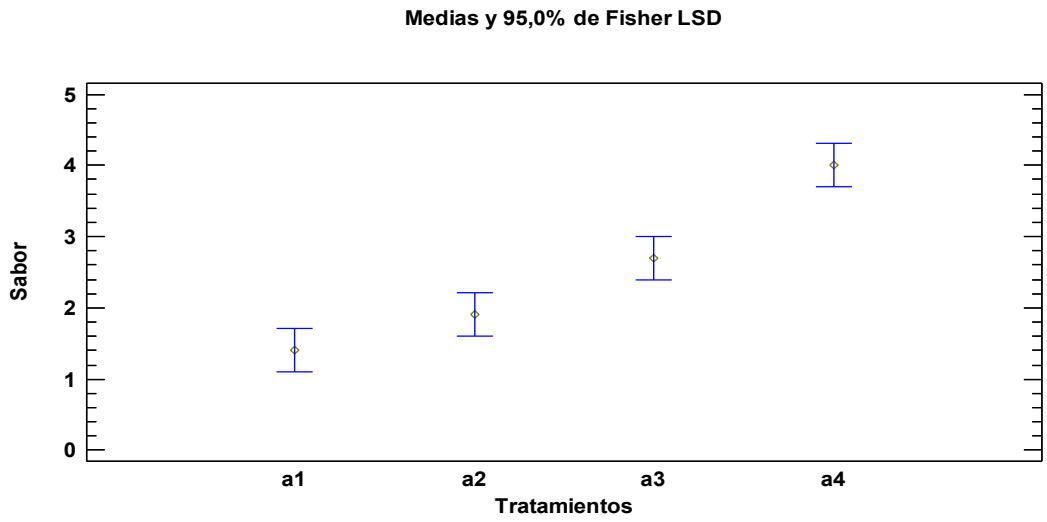
Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
A: Tratamientos	38,6	3	12,8667	29,19	0,0000
B: Boque	5,5	9	0,611111	1,39	0,2426
Residuos	11,9	27	0,440741		
Total (Corregido)	56,9	39			

Nota. Elaborado por autores (2025)

La tabla 33 muestra la descomposición de la variable sabor en contribuciones debida al factor tratamiento. Puesto que valor de probabilidad es menor que 0,05, este factor tiene un efecto estadísticamente significativo sobre la variable sabor; con un 95,0% de nivel de confianza; por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna.

Figura 16.

Medias del Factor de la variable sabor.



En la figura 19 se muestra la comparación de medias de los niveles del factor de tratamientos en relación a la variable sabor. Donde todos los tratamientos son diferentes entre sí.

Tabla 27.

Pruebas de Múltiple Rangos para variable sabor.

Tratamiento	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
a1	30	1,4	0,209938	X
a2	30	1,9	0,209938	X
a3	30	2,7	0,209938	X
a4	30	4,0	0,209938	X

La tabla 34 indica la diferencia de medias de los cuatro tratamientos. Existe diferencia estadística debido a que las medias son diferentes. El tratamiento a4 presenta el valor más alto relacionado a la variable sabor.

4.3.3.4. Análisis de varianza para la variable de Textura.

Tabla 28.

Análisis de Varianza para la variable textura.

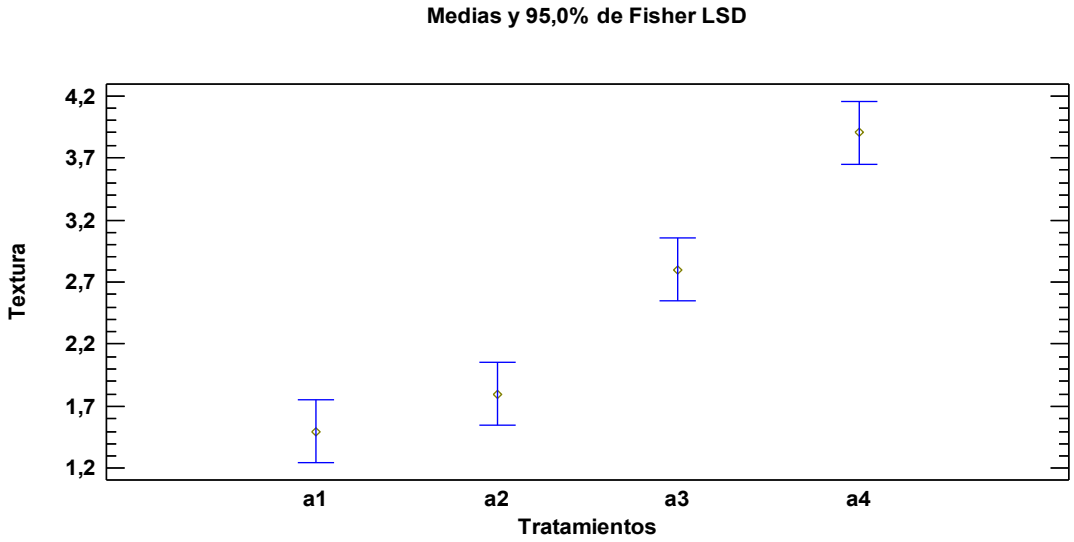
Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
A: Tratamientos	35,4	3	11,8	39,33	0,0000
B: Boque	4,5	9	0,5	1,67	0,1465
Residuos	8,1	27	0,3		
Total (Corregido)	48,0	39			

Nota. Elaborado por autores (2025)

La tabla 34 muestra la descomposición de la variable textura en contribuciones debida al factor tratamiento. Puesto que valor de probabilidad es menor que 0,05, este factor tiene un efecto estadísticamente significativo sobre la variable textura; con un 95,0% de nivel de confianza; por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna.

Figura 17.

Medias del Factor de la variable textura.



En la figura 20 se muestra la comparación de medias de los niveles del factor de tratamientos en relación a la variable textura. Donde todos los tratamientos son diferentes entre sí.

Tabla 29.

Pruebas de Múltiple Rangos para variable textura.

Tratamiento	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
a1	30	1,5	0,173205	X
a2	30	1,8	0,173205	X
a3	30	2,8	0,173205	X
a4	30	3,9	0,173205	X

La tabla 36 indica la diferencia de medias de los cuatro tratamientos. Existe diferencia estadística debido a que las medias son diferentes. El tratamiento a4 presenta el valor más alto relacionado a la variable textura.

4.3.3.5. Análisis de varianza para la variable de Aceptabilidad.

Tabla 30.

Análisis de Varianza para la variable aceptabilidad.

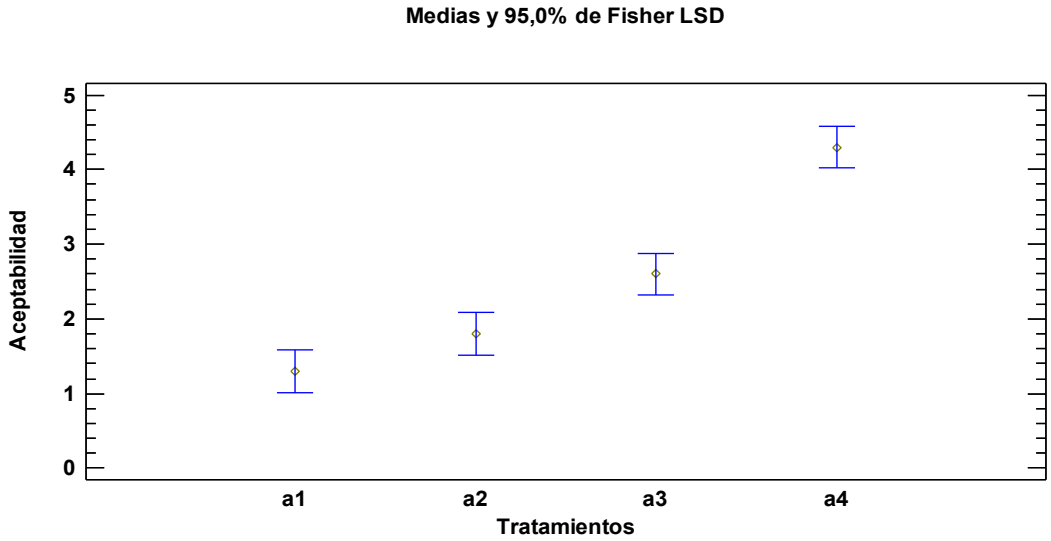
Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
A: Tratamientos	51,8	3	17,2667	45,71	0,0000
B: Boque	4,0	9	0,444444	1,18	0,3485
Residuos	10,2	27	0,377778		
Total (Corregido)	66,0	39			

Nota. Elaborado por autores (2025)

La tabla 36 muestra la descomposición de la variable aceptabilidad en contribuciones debida al factor tratamiento. Puesto que valor de probabilidad es menor que 0,05, este factor tiene un efecto estadísticamente significativo sobre la variable aceptabilidad; con un 95,0% de nivel de confianza; por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna.

Figura 18.

Medias del Factor de la variable aceptabilidad.



En la figura 21 se muestra la comparación de medias de los niveles del factor de tratamientos en relación a la variable aceptabilidad. Donde todos los tratamientos son diferentes entre sí.

Tabla 31.

Pruebas de Múltiple Rangos para variable aceptabilidad.

Tratamiento	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
a1	30	1,3	0,194365	X
a2	30	1,8	0,194365	X
a3	30	2,6	0,194365	X
a4	30	4,3	0,194365	X

La tabla 38 indica la diferencia de medias de cuatro tratamientos. Existe diferencia estadística debido a que las medias son diferentes. El tratamiento a4 presenta el valor más alto relacionado a la variable aceptabilidad.

4.3.3.6. Análisis de nitritos totales en el mejor tratamiento de la salchicha.

Tabla 32.

Nitritos totales en la salchicha Frankfurt con extracto de Apio.

Parámetros	Unidades	Resultado	Método
Nitritos Totales	mg/kg	20,4	PEE.LASA.BR.61 Espectrofotometría

Nota. Este análisis fue realizado en el laboratorio LASA, con técnicas propias.

En la tabla 39 se identifica la cantidad de nitritos totales o residuales presentes en la salchicha Frankfurt, el tratamiento que se desempeñó con los mejores resultados tanto físicos químicos, microbiológicos y sensoriales fue el a3 con el (0,6%) de extracto de Apio liofilizado. Este producto considerado como el mejor tratamiento fue analizado, mediante espectrofotometría dando como resultado la cantidad de 20,4 mg/kg, equivalente a 0,0204 gramos por kilogramo.

4.4.COMPROBACIÓN DE HIPÓTESIS

4.4.1. Hipótesis Nula. (H_o):

El extracto pulverizado y liofilizado de Apio (*Apium graveolens)* como sustituto al nitrito de sodio (NaNO2), no favorece significativamente en la aplicación de una salchicha Frankfurt.

4.4.2. Hipótesis Alterna (H_A)

(H_A): El extracto pulverizado y liofilizado de Apio (*Apium graveolens)* como sustituto al nitrito de sodio (NaNO2), favorece significativamente en la aplicación de una salchicha Frankfurt.

4.4.3. Verificación de hipótesis.

Tabla 33.

Valores P y F-Razón del análisis sensorial de la salchicha.

		Razón - F	Valor - P
Olor	A: Tratamientos	25,53	0,0000
	B: Bloques	1,10	0,3976
Color	A: Tratamientos	44,00	0,0000
	B: Bloques	0,72	0,6854
Sabor	A: Tratamientos	29,19	0,0000
	B: Bloques	1,39	0,2426
Textura	A: Tratamientos	39,33	0,0000
	B: Bloques	1,67	0,1465
Aceptabilidad	A: Tratamientos	45,71	0,0000
	B: Bloques	1,18	0,3485

En la tabla 39 nos indica que de acuerdo a los resultados ANOVA de las variables olor, color, sabor, textura y aceptabilidad, los valores de (P-valor) probabilidad, son menores a 0,05 lo que afirma con un nivel del 95% de confianza respecto a las medias que existe diferencia significativa, en tal razón, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna, por lo tanto, los 5 tratamientos presentan diferencia entre sus grupos.

CAPÍTULO V

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

- La obtención del extracto de apio macerado y liofilizado, es un enfoque interesante para la sustitución de nitritos y la mejora de la calidad de los productos cárnicos, por lo que estas técnicas tienen características y ventajas distintas que pueden influir en los resultados y la efectividad de su aplicación, debido a su contenido en nitratos, compuestos bioactivos, puede ser una opción viable para sustituir los nitritos en la salchicha Frankfurt, por lo que ayudan a la conservación del color, sabor y a inhibir el crecimiento bacteriano, lo que contribuye a la seguridad del producto.
- La aplicación del extracto de apio en una salchicha Frankfurt ofrece una alternativa prometedora a los nitritos sintéticos, combinando beneficios tanto para la conservación como para la salud, en este trabajo se aplicó concentraciones de 0,2%: 0,4% y 0,6% de extracto ayudando a prevenir el crecimiento de bacterias patógenas, como *Clostridium botulinum* y sobre todo a mantener el color rosado característico y contribuir al sabor de manera similar a los nitritos sintéticos, esto sugiere que el extracto puede cumplir una función de conservación microbiológica y antioxidante, importante para la seguridad alimentaria alineándose con la tendencia hacia productos alimenticios más saludables, sin los riesgos asociados al consumo excesivo de nitritos sintéticos, que en grandes cantidades pueden formar nitrosaminas, compuestos potencialmente carcinógenos.
- El análisis físico-químico y microbiológico de la salchicha Frankfurt con extracto de apio, proporciona una visión integral sobre la efectividad y seguridad de este producto al ser utilizado como sustituto de los nitritos sintéticos, en la calidad físico-químico presenta según nuestros análisis una humedad de 60,44%, grasa de 16,90%, cenizas 6,89 y un pH de 6,47% estos resultados demuestra que están dentro de los niveles permitidos, asegurando una adecuada conservación sin comprometer la salud del consumidor, por otro lado en los análisis microbiológicos de *Escherichia coli,* Coliformes totales*, salmonella,* Mohos, levaduras *y staphylococcus aureus* muestran ausencia, así nuestro extracto se convierte en propiedades antimicrobianas, lo que resulta una mejora en la

seguridad microbiológica del producto, manteniendo la salchicha segura a lo largo de su vida útil lo que indica la efectividad del extracto de apio como conservante natural.

- La evaluación sensorial de nuestra salchicha con extracto de apio es fundamental para determinar la aceptación del consumidor y asegurar que el uso de este ingrediente no afecte negativamente las características que los consumidores esperan, en este campo se determinó los atributos como el olor, color, sabor, textura y aceptabilidad del producto, el resultado considerado como uno de los mejores fue el tratamiento a3 que tenía una concentración de 0,6% de extracto de Apio, este parámetro fue evaluado por 30 personas especialmente consumidores interesados en alternativas más naturales y saludables.

5.2. RECOMENDACIONES

- Para lograr obtener un mejor macerado se recomienda utilizar etanol al 40-60%, para obtener cualquier extracto natural derivado de vegetales, de las cuales permitirá obtener un extracto más concentrado y que preserve mejor los compuestos a largo plazo, tomando en cuenta una temperatura ambiente (aproximadamente entre 18-22°C) evitando exposiciones directas al calor o la luz solar ya que esto podría degradar los compuestos activos del apio.
- Se recomienda conocer la concentración exacta de nitritos en el extracto de apio, ya que esta varía según la fuente y el proceso de extracción, además es importante mezclar bien los ingredientes, incluido el extracto de apio, para asegurar una distribución uniforme de los nitritos en toda la masa de la salchicha.
- Para un estudio eficaz del pH en la salchicha se recomienda utilizar un pH-metro calibrado, asegurando medir en su estado fresco o después de la cocción, ya que el pH puede cambiar en ambos estados, para garantizar la calidad y seguridad de las salchichas Frankfurt, así como para asegurar que cumplan con las expectativas del consumidor y las normativas regulatorias.
- Se recomienda cocinar las salchichas Frankfurt a la misma temperatura y duración antes de la evaluación y análisis sensorial, para asegurar que no haya diferencias en la textura o sabor debido a un mal proceso de cocción, asegurándose de que las muestras sean uniformes en tamaño y forma.

BIBLIOGRAFÍA

Aaron, H. (2022). Equipo necesario para la liofilización. *Labconco*, 6.

Aguilar, A. (2021). Salchicha Tipo Frankfurt. *Indsutrias carnicas*, 12.

Alarcon, J. (2023). Metodología de Diseño del Liofilizador. *Escuela Superior Politecnica del Litoral*, 109.

Alvarado, C. (2021). Efectos de las tecnologías de procesamiento y conservación en la calidad de la carne: aspectos sensoriales y nutricionales. *Innovaciones en el desarrollo de productos cárnicos funcionales.*, 14.

Andrade, J. (2021). Analisis de las propiedades funcionales y nutritivas del apio . *Ingenieria Agroindustrial (UNACH)*, 36.

ATSDR. (2023). Problemas en la salud por el uso de nitritos. *Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades*, 8.

Bernabe, L. (2022). Extraccion solido iquido a escala pequeña. *Manual de operaciones y prácticas Generatoris, S.A. de C.V*, 51.

Bioquímica, a. (2021). Los efectos antiinflamatorios y antioxidantes de los extractos de Apium graveolens L. mitigan la toxicidad hepática aguda mortal inducida por paracetamol. *Bioquímica alimentaria - actividad antioxidante, los contenidos de fenoles totales (TP) y flavonoides totales (TF)*, 12. Obtenido de https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32713084/

Bolaños, D. (2021). Determinación de nitritos. *Tecnología en Marcha - Departamento de Ciencias Naturales de la Universidad de Costa Rica*, 13.

Cevallos, C. (2022). Caracteristicas fisicas de la salchicha frankfurt. *Universidad Laica Eloy Alfaro*, 71.

Chamberlain, J. (2022). Evaluaciones de los consumidores sobre productos de carne procesada. *Carnes procesadas más saludables: oportunidades de reformulación. Tendencias en ciencia y tecnología de los alimentos*, 14.

Del Pino, M. (2022). El cultivo de Apio. *Curso de Horticultura y Floricultura- FCAyF-UNLP*, 12.

Diaz, D. (2022). El rendimiento de cultivo de apio (Apium graveolens) en el municipio de Ipiales. *Desarrollo Integral Agropecuario*, 36.

Duque, A. (2021). El Apio- Aspectos generales de la planta. *Huerta casera - Manual Tecnico* , 12.

Duran, D. (2021). Conozca los principales procesos de fabricación de extractos vegetales para la industria alimenticia. *Métodos y tecnologías aplicados para extraer los componentes activos de plantas y producir los extractos naturales*, 12.

Farinango, C. (2022). Análisis de la calidad de grasa del producto fina. *Elaboración de salchicha tipo Frankfurt mediante la sustitución de grasa animal por pulpa de aguacate Persea americana Mil de las variedades Hass y Fuerte.*, 12.

FEN, F. E. (2022). Salchichas Frankfurt - Grasa total en embutidos. *Salchichas Frankfurt - Fundación Española de la Nutrición*, 2. Obtenido de https://www.fen.org.es/MercadoAlimentosFEN/pdfs/salchichasfrankfurt.pdf

Fernandez, J. (2023). El usos y mal uso de nitritos como conservantes en productos carnicos . *BromatoBlog*, 12.

Fernández, M. (2022). Aplicacionde directas en alimentos usando la tecnica de liofilizacion . *La ciencia del La ciencia del freeze*, 42.

Flores, M. (2023). Vegetales como fuentes de nitrtios; una alterntiva para el curado de las carnes. *Temas selectos en la ingenieria de alimentos* , 11.

Fuentes, C. (2021). Macerado de apio: ¿qué es y qué uso tiene? *Natural Poland - Industria de alimentos y bebidas*, 13. Obtenido de https://naturalpoland.com/es/artykuly/productos-naturales/macerado

Gallego, J. (2024). Fuente alternativa de nitratos para la industria cárnica. *Universidad Miguel Hernández de Elche (España)*, 11.

Gamboa, S. (2022). Cultivo y manejo del Apio . *Curso de Horticultura y Floricultura*, 41.

Garrote, P. (2023). Liofilización: ¿qué es y qué procesos implica? *Aplicación de la Calidad Farmacéutica: GLP-GMP, ISO y Validaciones en la Industria Farmacéutica*, 12.

Gonzales, L. (2023). Estudio comparativo de la producción de salchicha frankfurt tipo III elaborada con proteínas de origen vegetal y del plasma sanguíneo. *Univesidad del Azuay - Ingeniero en Alimentos*, 14.

Guaman, R. (2023). Caracterizacion bromatologica de la salchicha frankfurt. *ESPOCH*, 14. Obtenido de http://dspace.espoch.edu.ec/bitstream/123456789/2323/1/84T00073.pdf

Guzman, F. (2022). Caracterización bromatología, microbiológica y sensorial de la salchicha Frankfurt elaborada con Citrato de Calcio como antioxidante natural. *Ciencia Digital*, 14. Obtenido de https://cienciadigital.org/revistacienciadigital2/index.php/CienciaDigital/article/view/663

Herrera, W. (2021). Alternativas de Diseño- Metodología de Diseño del Liofilizador. *Escuela Superior Politecnica del Litoral*, 103.

Igor, J. (2022). Analisi bromatologico de embutidos . *Ingeniería de Alimentos. Facultad de Ingeniería y Administración. Universidad Nacional de Colombia*, 25.

INEN 1338, N. (2024). Carnes y productos carnicos - salchichas requisistos. *Instituto Ecuatrotiano de Normalizacion* , 11.

INTA, I. d. (2021). Base de Datos de Actividad Antioxidante. *Portal Antioxidantes*, 3.

Jaramillo, J. (2021). Generalidades y caracteristicas del Apio. *Curso de horticultura y floricultura*, 21.

Jose, C. (2023). El proceso de la liofilización. *Técnicas y operaciones avanzadas en el laboratorio químico (TALQ)*, 23.

Karami, S. (2023). El impacto de la liofilización en la bioactividad y las propiedades físicas de los productos alimenticios. *El efecto de la liofilización sobre los compuestos bioactivos de los alimentos vegetales. Revista internacional de ciencia y tecnología de los alimentos*, 25.

Londoño, M. (2020). Nitratos y nitritos, la doble cara de la moneda. En M. L. Pereira, *Revista De Nutricion Clinica y Metabolismo* (págs. 1-15). Colombia.

Lopez, P. (2023). Metodología para la detección de la toxina botulínica en productos cárnicos. *Universidad de Valladolid*, 44.

Loyola, W. (2023). Elaboración de chorizo y salchicha Frankfurt a partir de proteína de soya (Glycine max). *Repositorio Institucional de la Universidad Politécnica Salesiana* , 14.

Mamani, M. (2023). Elaboración de Licores Por Maceracion - Importancia de la maceracion en alimentos. *scribd - Documento Cientifico*, 15. Obtenido de https://es.scribd.com/document/370019594/Elaboracion-de-Licores-Por-Maceracion

Oficina de Innovación y Análisis, S. d. (2023). Causas y consecuencias entre nitritos naturales y artificiales presentes en el apio - ToxFAQs™ - Nitrato y nitrito. *Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades*, 2.

Orsini, L. (2022). Vigilancia de nitritos y nitratos presentes en salchichas. *Revista CON-CIENCIA*, 12.

Paez, J. (2021). La extracción con disolventes. *Universidad de Barcelona*, 1. Obtenido de https://www.ub.edu/oblq/oblq%20castellano/extraccio_tip.html

Palacios, A. (2023). Analisis fisico quimicos de un embutido escaldado. *Universidad Politecnica Salesiana*, 14.

Parzanese, M. (2021). Liofilización de alimentos. *Tecnologías para la Industria Alimentaria*, 12.

Perez, D. (2022). Apio- Celery . *Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación*, 16.

Rodriguez, J. (2023). Valor nutricional de hojas y tallos de apio . *Escuela de Nutrición y Dietética, Facultad de Ciencias de la Salud, Universidad Bernardo O'Higgins. Santiago, Chile*, 11.

Rojas, F. (2022). Valor nutricional de hojas y tallos de apio . *Mem. Inst. Investig. Cienc. Salud.* , 11.

Santamaria, K. (2023). Maceración. *Scribd*, 2. Obtenido de https://es.scribd.com/document/611115717/Maceracion

Siccha, A. (2021). Parametros en el secado por liofilizacion - propiedades. *Revista de Química. Vol. IX. W 2.*, 11. Obtenido de https://www.barnalab.com/como-liofilizamos/

Solis, A. (2021). Embutidos Escaldados y Cocidos. *Universidad Nacional Daniel Alcides Carrion* , 49.

Valencia, U. d. (2022). Liofilización - Definición. *Departamento de Farmacia y Tecnología Farmacéutica* , 27.

Vallejo, P. (2022). Elaboración de salchicha tipo Frankfurt - Proceso de escaldado. *UNACH* , 75.

Velasco, V. (2023). Parametros fisico quimicos de las salchichas frankfurt. *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 9. Obtenido de http://www.scielo.org.co/pdf/bsaa/v10n1/v10n1a06.pdf

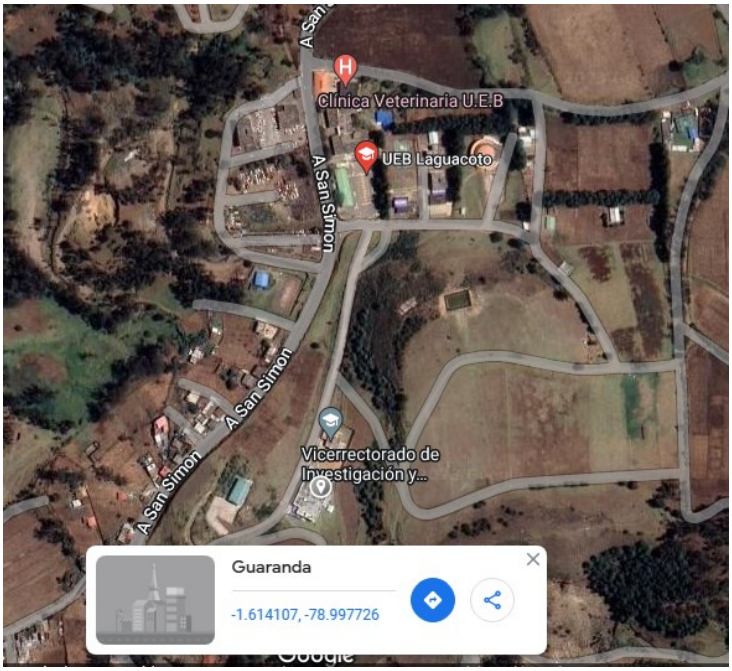
Vera, G. (2020). Planteamiento del problema, Introduccion sobre los problemas que causan por consumir embutidos con aditivos artificiales . En G. V. Zambrano, *Tesis de Ingenieria Agroindustrial* (págs. 1-73). Manabi - Ecuador.

Villamil, E. (2024). El uso de Nitratos y Nitritos en la Industria cárnca - Causas y consecuencias en la salud. *Revista de la asociacion colombiana de ciencia y tecnologia en alimentos*, 36.

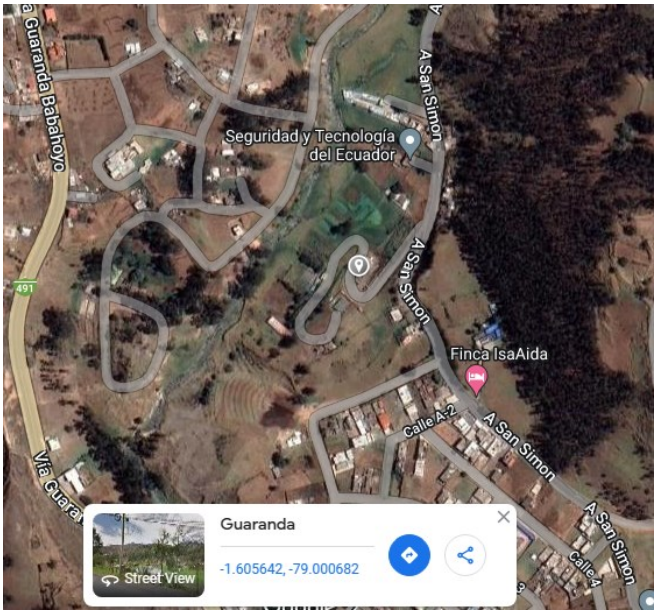
ANEXOS

Anexo 1.

Mapa de ubicación de la investigación



Nota. La imagen muestra el mapa y coordenadas del laboratorio de vinculación de la UEB. Tomado de "Google Maps"



Nota. Mapa y coordenadas del laboratorio general de la UEB. Toma do de "Google Maps"

Anexo 2.

Desarrollo practico experimental en el departamento de investigación y vinculación

Informe del análisis de flavonoides totales del extracto de apio liofilizado

UEB UNIVERSIDAD ESTATAL DE BOLIVAR — DIRECCIÓN DE INVESTIGACIÓN Y VINCULACIÓN	LABORATORIOS DE INVESTIGACIÓN Y VINCULACIÓN Laguacoto II, Km 1 1/2, vía a San Simón, Cantón Guaranda, Provincia Bolívar, Ecuador	Código	IR-FT
		Versión	1
	INFORME DE RESULTADOS	Año	2024
		Pagina	Página 1 de 1

INFORME DE ENSAYOS Nº 245

DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA

Solicitante	Willian David Illapa - David Castro
Muestras	Extracto etanólico de apio en estado fresco y extracto etanólico de hojas de apio en estado liofilizado.
Código asignado UEB	INV 307, INV 308
Estado de la muestra	Líquida
Envase de recepción	Envase de vidrio con aprox. 1 l y 250 ml de contenido de muestra
Análisis requerido(s)	Flavonoides totales
Fecha de recepción	05 de noviembre de 2024
Fecha de análisis	12 de noviembre de 2024
Fecha de informe	13 de noviembre de 2024
Técnico (s) asignado	MFQM

RESULTADOS OBTENIDOS

Código de laboratorio	Muestra	Análisis	Método de análisis	Unidad	Resultado
INV 307	Extracto etanólico de apio en estado fresco	Flavonoides totales	Kumazawa et al., (2004)	mg Eq QE/L muestra	118,02
INV 308	Extracto etanólico de hojas de apio en estado liofilizado				705,13

Los resultados de los análisis corresponden a 3 determinaciones por muestra.

Universidad Estatal de Bolívar

Ing. Favian Bayas PhD.
Director DIVIUEB

Informe de análisis físico químicos de la salchicha Frankfurt con extracto de Apio

VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN Y VINCULACIÓN	LABORATORIO DE ANÁLISIS DE ALIMENTOS Y FITOQUÍMICA Laguacoto II, Km 1 1/2, vía a San Simón, Cantón Guaranda, Provincia Bolívar, Ecuador.	Versión	1
	INFORME DE RESULTADOS	Año	2024
		Pagina	Página 1 de 1

INFORME DE ENSAYOS Nº246

DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA

Solicitante	Willian Illapa
Muestra	Salchicha Frankfurt con extracto de apio
Código asignado UEB	INV 321
Estado de la muestras	Fresco
Envase de recepción	Bolsas de plástico
Análisis requerido(s)	Grasa, humedad, ceniza, pH
Fecha de recepción	13 de Noviembre del 2024
Fecha de análisis	13 de Noviembre al 21 de Noviembre del 2024
Fecha de informe	21 de Noviembre del 2024
Técnico (s) asignado	MPWF

RESULTADOS OBTENIDOS

Código laboratorio	Muestra	Parámetro	Unidad	Método	Resultado
INV321	Salchicha Frankfurt con extracto de apio	Grasa	%	AOAC 2003.06	10,98
		Humedad		AOAC 925.10	60,44
		Ceniza		AOAC 923.03	6,89
		pH	-------	INEN 783	6,47

Los resultados de los análisis corresponden a 3 determinaciones por análisis.

Ing. Favián Bayas, PhD.
Director DIVIUEB

Universidad Estatal de Bolívar
INVESTIGACIÓN

Informe de análisis microbiológicos de la salchicha Frankfurt con extracto de Apio

VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN Y VINCULACIÓN	LABORATORIO DE ANÁLISIS DE ALIMENTOS Y FITOQUÍMICA Laguacoto II, Km 1 1/2, vía a San Simón, Cantón Guaranda, Provincia Bolívar, Ecuador.	Versión	1
		Año	2024
	INFORME DE RESULTADOS	Pagina	Página 1 de 1

INFORME DE ENSAYOS N°211

DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA

Solicitante	Willian Illapa – David Castro
Muestra	Salchicha Frankfurt con incorporación de polvo de hojas de apio liofilizadas
Código asignado UEB	INV213
Estado de la muestras	Fresco
Envase de recepción	Bolsas plásticas
Análisis requerido(s)	*E. Coli – Coliformes Totales – Salmonella – Mohos y Levaduras- Staphyloccus aureus*
Fecha de recepción	27 de agosto de 2024
Fecha de análisis	27 – 30 de agosto 2024
Fecha de informe	02 de septiembre de 2024
Técnico (s) asignado	MPWF

RESULTADOS OBTENIDOS

Código laboratorio	Muestra	Parámetro	Unidad	Método	Resultado
INV213	Salchicha Frankfurt con incorporación de polvo de hojas de apio liofilizadas	*E. Coli*	Ufc	Petrifilm (AOAC 991.14)	Ausencia
		Coliformes Totales		Petrifilm (AOAC 991.14)	Ausencia
		Salmonella		Petrifilm	Ausencia
		Mohos y Levaduras		Petrifilm (AOAC 997.02)	Ausencia
		Staphyloccus aureus		Petrifilm (AOAC 2003.07)	Ausencia

Los análisis realizados fueron con tres diluciones y tres réplicas

Universidad Estatal de Bolívar
INVESTIGACIÓN

Ing. Favián Bayas, PhD.
Director DIVIUEB

Informe de análisis de nitritos totales presentes en la salchicha Frankfurt con extracto de Apio

LABORATORIO LASA

INFORME DE RESULTADOS

INF.LASA-17-12-24 -14404
ORDEN DE TRABAJO No. 24-8869

INFORMACIÓN SUMINISTRADA POR EL CLIENTE		
SOLICITADO POR: *KENNETH DAVID CASTRO LADINO*	***DIRECCIÓN:*** *APÓSTOL BARTOLOME Y PROFETA ZACARIAS*	
TELÉFONO: *0979365997*	***TIPO DE MUESTRA:*** *ALIMENTO*	***PROCEDENCIA:*** -
IDENTIFICACIÓN: *SALCHICHA FRANCFURT□* *Fecha de elaboración: 18-11-2024 Fecha de expiración: 06-01-2025 Número de lote: LSF18112024*		

INFORMACIÓN DEL LABORATORIO					
MUESTREO POR:	SOLICITANTE	**FECHA DE MUESTREO:** -		**INGRESO AL LABORATORIO:** 10/12/2024	
FECHA DE ANÁLISIS:	10-17/12/2024	**FECHA DE ENTREGA:**	17/12/2024	**NÚMERO DE MUESTRAS:** Una (1)	
CÓDIGO DE MUESTRA:	24-24932	**REALIZACIÓN DE ENSAYOS:** LABORATORIO MATRIZ		**CÓDIGO INICIAL:** M1	

ANÁLISIS FÍSICO - QUÍMICO

ITEM	PARÁMETROS	UNIDADES	RESULTADOS	INCERTIDUMBRE U (k=2)	MÉTODO DE ENSAYO
1	Nitritos (expresado como nitrito de sodio)	mg/kg	20,4	-	PEE.LASA.BR.61 NTE INEN ISO 2918 Espectrofotometría

Ing. Andrea López
ASISTENTE TÉCNICO

Elaborado por: Andrea López
Prohibida la reproducción parcial o total por cualquier medio sin permiso por escrito del laboratorio.
Lasa se responsabiliza exclusivamente del resultado correspondiente a la muestra sometida a ensayo y que ha sido recibida en el laboratorio; por el contrario, no se responsabiliza de la información proporcionada por el cliente asociada a la muestra, así como sus datos descriptivos.
El laboratorio se compromete con la Imparcialidad y Confidencialidad de la información y los resultados (la aceptación de este informe implica la aceptación de la política relativa al tema y declarada en www.laboratoriolasa.com).
Los criterios de conformidad serán emitidos solamente si el cliente lo solicita por escrito.

Anexo 3.

Desarrollo experimental del trabajo de investigación

Obtención del extracto de Apio por maceración.



Recepción de la materia prima



Selección



Limpieza



Troceado



Macerado



Reposo



Filtrado



Evaporado



Centrifugado



Almacenado

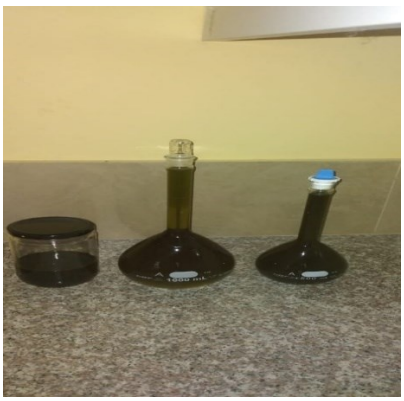
Extracto de polvo, hojas y tallos



Extracto de hojas y tallos después del tiempo de reposo.



Extracto de Apio puro



Extracto de Apio evaporado



Extracto de Apio centrifugado

Anexo 4.

Liofilización del extracto de apio

Desarrollo de la obtención del extracto de Apio mediante la liofilización



Recepción de la materia prima



Congelación



Liofilización



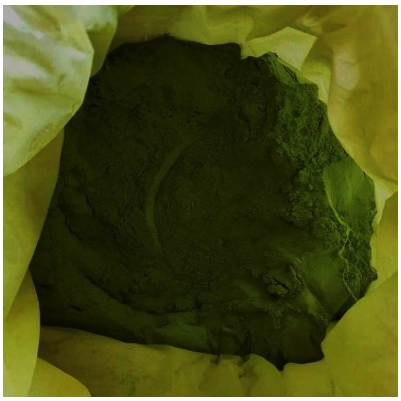
Recolección



Triturado



Envasado



Almacenado

Anexo 5.

Elaboración de la salchicha Frankfurt con extracto de Apio

Proceso de elaboración de la salchicha Frankfurt con extracto de apio liofiliza



Recepción de la materia prima



Selección





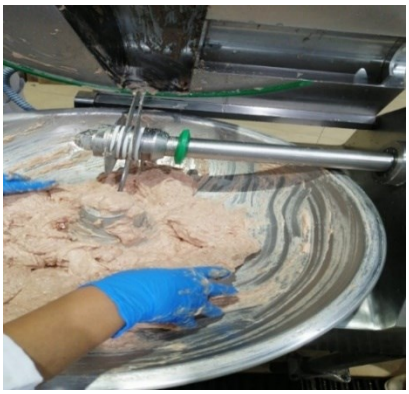
Pesado



Cortado



Molido



Cutterizado



Embutido



Escaldado



Enfriado



Secado



Alamacenado

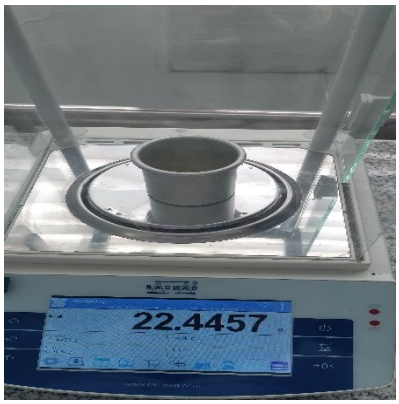
Anexo 6.

Análisis de la calidad físico químico de la salchicha Frankfurt con extracto de Apio.

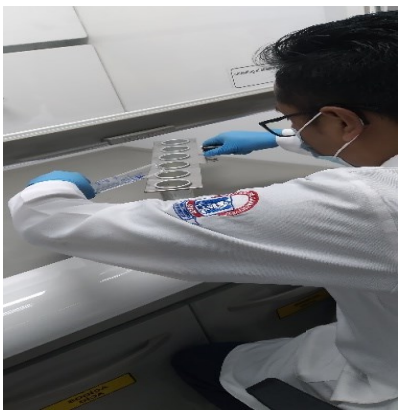
Análisis de la determinación de Grasa



Preparación de la muestra



Peso inicial de los casos



Preparación con solventes



Determinador de grasa



Resultado

Análisis de la determinación de Humedad



Preparación de la muestra



Peso inicial en las capsulas



Secado

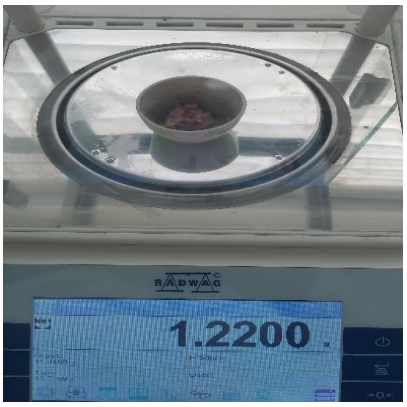


Secado final

Análisis de la determinación de Cenizas



Preparación de la muestra



Peso inicial en los crisoles



Secado

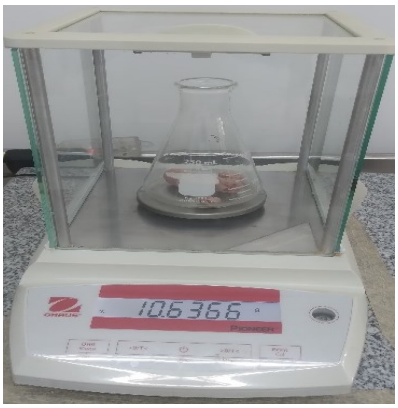


Secado final

Análisis de la determinación de pH



Preparación de la muestra



Peso inicial en los matraces

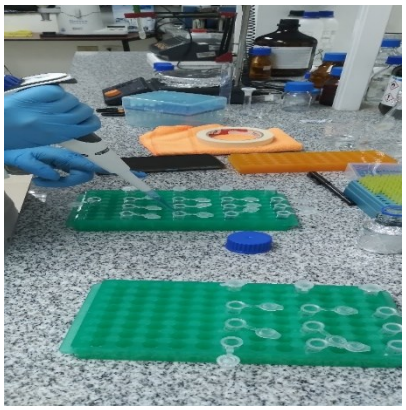


Resultados

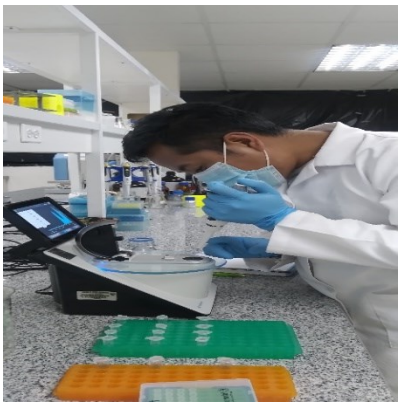
Análisis de los flavonoides del extracto de Apio



Preparación de la muestra



Solución con quercetina



Detector UV-VIS a 425 nm



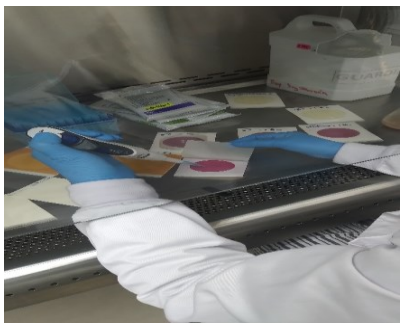
Presencia de flavonoides totales

Anexo 7.

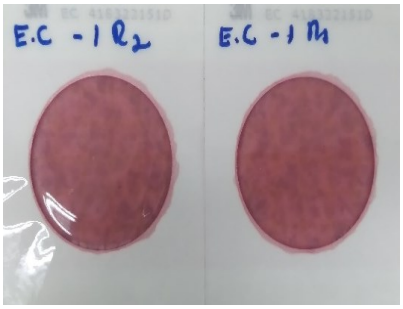
Análisis microbiológicos de las salchichas Frankfurt con extracto de Apio



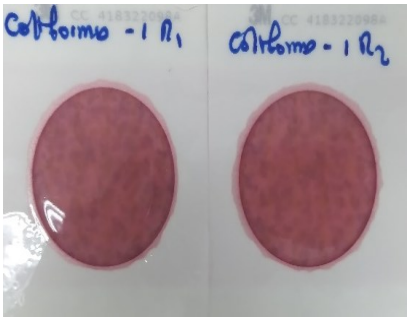
Preparación de la muestra



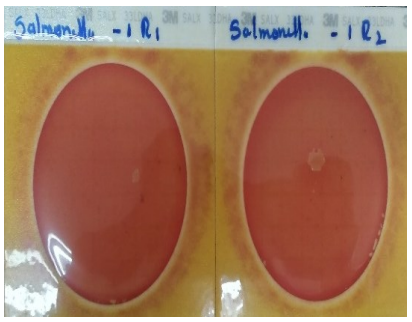
Solución con quercetina



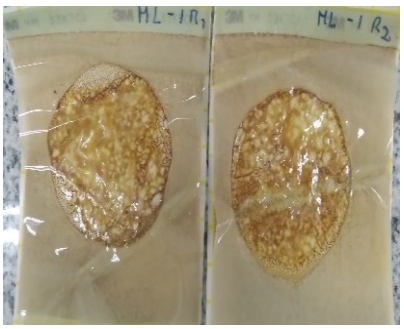
Ausencia de E. Coli



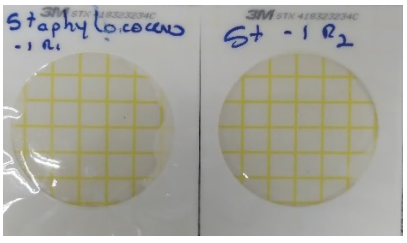
Ausencia de Coliformes Totales



Ausencia de Salmonella



Ausencia de Mohos y Levaduras



Ausencia de Staphylococcus aureus

Anexo 8.

Ficha de aceptabilidad de la salchicha Frankfurt con extracto de Apio liofilizado

UNIVERSIDAD ESTATAL DE BOLIVAR

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS RECURSOS NATURALES Y DEL AMBIENTE

CARRERA DE AGROINDUSTRIA

EVALUACIÓN SENSORIAL

Fecha: ……Nombre: ……..

Instrucciones: Evaluar la aceptabilidad del producto.

Marque con una X la casilla que mejor indique su sentido a cerca de la muestra.

		Muestras		
Características	**Alternativas**	**A2**	**A4**	**A6**
Olor	**1. Muy desagradable**			
	2. Desagradable			
	3. Agradable			
	4. Muy agradable			
	5. Excelente			
Color	**1. Malo**			
	2. Regular			
	3. Bueno			
	4. Muy bueno			
	5. Excelente			
Sabor	**1. Muy desagradable**			
	2. Desagradable			
	3. Agradable			
	4. Muy agradable			
	5. Excelente			
Textura	**1. Muy duro**			
	2. Duro			
	3. Semi blando			
	4. Blando			
	5. Muy blando			
Aceptabilidad	**1. Malo**			
	2. Regular			
	3. Bueno			
	4. Muy bueno			
	5. Excelente			

Observaciones:

……

……

Anexo 9.

Cataciones a estudiantes, para la aceptabilidad del producto final







Anexo 10.

Glosario de términos técnicos

Apio *(Apium graveolens):* Es una planta que pertenece a la familia de las umbelíferas, originaria de la región mediterránea, aunque hoy en día se cultiva en muchas partes del mundo. Es conocido por sus tallos largos, crujientes y de sabor ligeramente amargo. Se utiliza tanto en la cocina como en la medicina tradicional.

Liofilización: Es un proceso de conservación de alimentos o productos biológicos que implica eliminar el agua de forma que se mantengan sus nutrientes, sabor y propiedades.

Nitrito de sodio: Es un compuesto químico que se utiliza principalmente como conservante en alimentos, especialmente en carnes procesadas como jamón, salchichas, bacon y embutidos, su función principal es prevenir el crecimiento de bacterias peligrosas, como la *Clostridium botulinum*, que puede causar botulismo, una intoxicación alimentaria grave. Además, el nitrito de sodio también ayuda a mantener el color rosado o rojo en las carnes, lo que las hace más atractivas visualmente.

Antioxidantes: Son sustancias que ayudan a prevenir o ralentizar el daño celular causado por los radicales libres, que son moléculas inestables producidas por diversas reacciones químicas en el cuerpo, como la exposición al sol, la contaminación, el estrés o incluso el metabolismo normal.

Flavonoides: Son un grupo de compuestos químicos naturales que se encuentran en una amplia variedad de plantas, especialmente en frutas, verduras, té, vino tinto, cacao, y algunas hierbas. Son conocidos por sus propiedades antioxidantes, lo que significa que ayudan a proteger las células del daño causado por los radicales libres. Además, los flavonoides tienen una serie de beneficios para la salud.

Embutidos escaldados: Son productos cárnicos, como salchichas, morcillas o fiambres, que han pasado por un proceso de escaldado. Este proceso implica sumergir los embutidos en agua caliente (a una temperatura inferior a la de ebullición, generalmente entre 70 °C y 80 °C) durante un período corto de tiempo.

Nitrosaminas: Son compuestos químicos que se forman cuando los nitritos (como el nitrito de sodio, utilizado como conservante en alimentos) reaccionan con aminas (compuestos presentes de forma natural en proteínas).

Clostridium botulinum: Es una bacteria que produce una toxina extremadamente potente llamada toxina botulínica. Esta toxina es una de las más fuertes conocidas por la ciencia y es responsable de causar una enfermedad llamada botulismo. El botulismo es una intoxicación alimentaria grave que afecta el sistema nervioso y puede ser fatal si no se trata rápidamente.

Compuestos bioactivos: Son sustancias naturales que se encuentran en los alimentos y que tienen efectos beneficiosos sobre la salud más allá de la nutrición básica (como las vitaminas, minerales y macronutrientes). Estos compuestos pueden influir positivamente en la salud al interactuar con el cuerpo y prevenir o tratar diversas enfermedades.

Espectroscopia FTIR: (espectroscopía de infrarrojo por transformada de Fourier, por sus siglas en inglés: Fourier Transform Infrared Spectroscopy) es una técnica analítica utilizada para identificar y estudiar las propiedades de las moléculas y compuestos a través de la absorción de radiación infrarroja. FTIR es una herramienta muy común en química, bioquímica, farmacología, y en la industria de materiales, entre otras áreas.

Quercetina: Es un flavonoide, un tipo de compuesto bioactivo que se encuentra en muchos alimentos de origen vegetal, como frutas, verduras, té, vino tinto, y algunos granos y semillas. Es conocida por sus potentes propiedades antioxidantes y antiinflamatorias, lo que la convierte en un componente valioso para la salud.

Trolox: Es un compuesto sintético que se utiliza como un estándar de referencia para medir la capacidad antioxidante de otras sustancias. Se deriva de la vitamina E *(tocopherol)* y es estructuralmente similar, pero se utiliza en ensayos científicos como un "equivalente" de la vitamina E para evaluar la actividad antioxidante en una muestra.

Curva estándar: Es una herramienta utilizada en análisis químico y bioquímico para determinar la concentración de una sustancia desconocida mediante la comparación con una serie de soluciones estándar de concentración conocida, se utiliza para calibrar un instrumento o para cuantificar una muestra, y se basa en la relación entre la señal medida (por ejemplo, absorbancia, intensidad de fluorescencia, etc.) y la concentración de la sustancia.