

UNIVERSIDAD NACIONAL DE AGRICULTURA

**SUSTITUCIÓN PARCIAL DE NITRITOS EN CHORIZOS DE CARNE DE CERDO
POR HARINA DE EPICARPIO DE GUAYABA (*Psidium guajava*).**

POR:

YOSELIN FABIOLA CÁCERES MENÉNDEZ

TESIS



CATACAMAS

OLANCHO

NOVIEMBRE, 2025

SUSTITUCIÓN PARCIAL DE NITRITOS EN CHORIZOS DE CARNE DE CERDO
POR HARINA DE EPICARPIO DE GUAYABA (*Psidium guajava*).

POR:

YOSELIN FABIOLA CÁCERES MENÉNDEZ

ASESOR PRINCIPAL

DEBORA KAROLINA MEJÍA MÉNDEZ, M.Sc

TESIS

PRESENTADO A LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE AGRICULTURA COMO
REQUISITO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE

INGENIERO EN TECNOLOGÍA ALIMENTARIA

CATACAMAS

OLANCHO

NOVIEMBRE, 2025

ACTA DE SUSTENTACION

DEDICATORIA

A Dios, mi guía y fortaleza, gracias por darme sabiduría, paciencia y fe para superar cada desafío. En cada paso sentí tu presencia iluminando mi camino.

A mis padres, Donaldo Cáceres y Vilma Menéndez, por su amor, sacrificio y ejemplo. Gracias por enseñarme el valor del esfuerzo, la humildad y la perseverancia. Este logro también les pertenece.

A mis hermanos, Rosa Estefany y Caleb, por su cariño y alegría, que siempre me impulsan a seguir adelante.

A mi abuela, que desde el cielo me acompaña con su amor eterno y su luz.

A mis compañeros que se convirtieron en hermanos: Angie, Natalia, Isabella, Yaslin, Janella, Shermy, Anuar, Jarod, Nely, Myriam, Daniel y Amely, gracias por su amistad sincera, apoyo constante y por hacer de este camino una experiencia inolvidable.

Y a toda mi familia, por su comprensión y amor incondicional. Esta tesis es fruto de su fe en mí, de nuestra unión y de cada gesto de aliento que me dio fuerza para llegar hasta aquí.

Encomienda a Jehová tu camino, y confía en Él; y Él hará.”

— **Salmos 37:5**

AGRADECIMIENTOS

A Dios, fuente de sabiduría y fortaleza, por darme la paciencia, la claridad y la fe necesarias para culminar esta etapa. Gracias por guiarme en cada paso y recordarme que todo esfuerzo con propósito tiene su recompensa.

Expreso mi más sincero agradecimiento a mis asesores, PhD Igor Hleep Zapata, MSc. Débora Karolina Mejía, MSc. Pablo Antonio Pérez y MSc. Olvin Steven Rosales, por su guía, paciencia y valiosas orientaciones a lo largo del proceso. Su apoyo fue fundamental para el desarrollo de esta investigación. A la Universidad Nacional de Colombia, sede Palmira, por brindarme sus instalaciones, recursos y acompañamiento, así como al personal que compartió su conocimiento con dedicación. A la Universidad Nacional de Agricultura (UNAG), por su respaldo institucional y la confianza depositada en mí para llevar a cabo este proyecto.

A mis compañeros, por su amistad, motivación y apoyo constante durante estos cuatro años; y de manera muy especial, a mi familia, por su amor incondicional, comprensión y fe, que me impulsaron a superar cada desafío.

A todos ustedes, mi más profundo agradecimiento por ser parte esencial de este logro.

CONTENIDO

I. INTRODUCCIÓN	xi
II. OBJETIVOS	2
2.1 Objetivo general	2
2.2 Objetivos específicos	2
III. REVISIÓN LITERARIA	3
4.1 Sustitución de nitritos en productos cárnicos; función y alternativas naturales	3
4.1.1 Papel de los nitritos en la seguridad y calidad de productos cárnicos.	3
4.1.2 Riesgos asociados al consumo de nitritos y necesidad de alternativas.	3
4.2 Propiedades funcionales del epicarpio de guayaba.....	5
4.2.1 Composición fitoquímica	5
4.2.2 Polifenoles.....	5
4.2.3 Flavonoides	6
4.2.4 Capacidad antioxidante.	6
4.3 Actividad antimicrobiana de compuestos presentes en el epicarpio de guayaba.	7
4.3.1 Contenido de fibra dietética y su efecto sobre la matriz cárnica.....	7
4.4 Procesamiento de la harina de epicarpio de guayaba y conservación de propiedades funcionales	8
4.4.1 Impacto del secado en la retención de compuestos bioactivos.	8
4.5 Evaluación de propiedades fisicoquímicas: higroscopicidad, capacidad de retención de agua y grasa.	9
4.5.1 Estabilidad oxidativa de la harina durante el almacenamiento.	¡Error!
Marcador no definido.	
4.6 Interacción de harina de epicarpio en matriz cárnica en chorizos de cerdo reformulados	10

4.6.1	Efectos de la harina en la red proteica miofibrilar de la carne.....	10
4.6.2	Influencia sobre la capacidad de retención de agua y grasa en los chorizos.	10
4.7	Potencial funcional y nutraceutico de chorizos enriquecidos con harina de epicarpio.....	11
4.7.1	Efectos antioxidantes de los polifenoles sobre la estabilidad del producto cárnico.....	11
4.7.2	Reducción del riesgo de enfermedades asociadas al consumo de productos cárnicos tradicionales.	11
4.7.3	Aspectos regulatorios para la declaración de propiedades funcionales en productos cárnicos.....	12
5.1	Tipo de estudio	13
5.2	Lugar de ejecución.....	13
5.3	Materiales y Equipos.....	13
5.4	Obtención y preparación del epicarpio de guayaba	14
5.5	Formulación de tratamientos.....	17
5.6	Elaboración de los chorizos.....	17
5.7	Almacenamiento y muestreo.....	20
5.8	Análisis sensorial.....	21
5.9	Análisis estadístico	21
VII.	BIBLIOGRAFÍAS	30

LISTA DE TABLAS

Tabla 1 Materiales	13
Tabla 2 Equipos	14
Tabla 3 Tratamientos	17
Tabla 4 Formulación del chorizo	18
Tabla 5 Cantidades de nitritos y harina de epicarpio de guayaba añadidos a cada lote de chorizos.....	19
Tabla 6 Análisis fisicoquímicos y bioactivos de la harina	22
Tabla 7 Análisis fisicoquímicos y bioactivos de chorizo de cerdo.....	24
Tabla 8 Análisis de Color L*a*b en el chorizo de cerdo.....	25

LISTA DE ANEXOS

Anexos 1	Proceso de la obtención de la harina	31
Anexos 2	Formulación y elaboración de chorizos	31
Anexos 3	Análisis fisicoquímicos y bioactivos de la harina y el chorizo del cerdo	31
Anexos 4	Pruebas Sensoriales.....	¡Error! Marcador no definido.
Anexos 5	Evaluación sensorial.....	¡Error! Marcador no definido.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Flujo de Proceso de la Elaboración del chorizo de Cerdo	19
Figura 2 Índice de sensorial.....	226

Cáceres Menéndez, Y.F. 2025. Sustitución parcial de nitritos en chorizos de carne de cerdo por harina de epicarpio de guayaba. Tesis. Inga. en Tecnología Alimentaria, Catacamas, Olancho, Honduras, Universidad Nacional de Agricultura. Pág. 49.

RESUMEN

El presente estudio tuvo como objetivo desarrollar un embutido cárnico con mejores propiedades funcionales y menor uso de aditivos sintéticos, reemplazando parcialmente el nitrito de sodio por harina elaborada a partir de la cáscara de guayaba. Se aplicó un diseño completamente al azar con cuatro tratamientos: Control, 100 % nitrito, T1 (75 % nitrito y 25 % harina), T2 (50 %–50 %) y T3 (25 %–75 %), cada uno con tres repeticiones. La harina se obtuvo mediante escaldado, secado a 60°C, molienda y tamizado, preservando sus compuestos bioactivos. La harina presentó pH 4.6 ± 0.1 , humedad 10 %, fenoles totales 6.02 ± 0.14 mg GAE/g, β -carotenos 22.21 ± 0.59 mg/100 g y capacidad antioxidante del 92 %. En los chorizos elaborados, la harina incrementó los compuestos bioactivos: T3 alcanzó 0.35 mg/100 g de β -carotenos, 0.10 mg/100 g de fenoles y 1.45 % de actividad antioxidante. El pH se mantuvo estable entre 6.18 y 6.25, mientras que la humedad aumentó de 32.61 % en el control a 42.02 % en T2, evidenciando mayor retención de agua. Reflejando que los parámetros de color (L^* , a^* , b^*) no mostraron diferencias significativas ($p > 0.05$). Destacando que en la evaluación sensorial con 30 jueces no entrenados reveló que T3 obtuvo la mayor aceptación en color, aroma, textura y sabor ($p < 0.05$). Se concluye que la incorporación de harina de cáscara de guayaba es una alternativa viable que mejora la calidad antioxidante y sensorial del chorizo, reduciendo el uso de nitritos y promoviendo un alimento más natural y funcional.

Palabras claves: antioxidantes naturales, compuestos fenólicos, carne procesada, aceptabilidad sensorial, innovación alimentaria.

I. INTRODUCCIÓN

La innovación en la ciencia y la tecnología de los alimentos ha provocado una alternativa más saludable y más sostenible al sector de la carne, incluido el chorizo de cerdo para sus conservantes, las propiedades de color, antimicrobianos y estabilizadores de los colores de nitrito. Hay diferentes trabajos investigativos y el conjunto de estudios que demuestran que un alto consumo de nitritos puede estar favoreciendo la producción de compuestos, que no se descartan que tengan un potencial carcinógeno, explican el creciente interés científico y social por encontrar alternativas naturales que puedan cumplir las mismas funciones que los nitritos sintéticos en productos cárnicos (Honikel, 2008; Sindelar y Milkowski, 2012).

La guayaba (*Psidium guajava* L.), particularmente su epicarpio, se ha identificado como una fuente rica en polifenoles, flavonoides, fibra dietética y carotenoides, compuestos con demostrada actividad antioxidante y antimicrobiana. La incorporación de harina de epicarpio en matrices cárnicas no solo ofrece un potencial para reducir parcial o totalmente el empleo de nitritos, sino que también contribuye a mejorar la estabilidad oxidativa de lípidos y proteínas, la retención de agua y, en consecuencia, atributos claves como textura.

Los resultados obtenidos en esta investigación evidencian que la incorporación de harina de epicarpio de guayaba en la formulación de chorizos de cerdo no solo incrementa el contenido de compuestos bioactivos, sino que también potencia la capacidad antioxidante del producto, manteniendo a la vez un pH estable y sin provocar cambios significativos en el color. De igual manera, los tratamientos con mayor nivel de sustitución de nitritos mostraron una aceptabilidad sensorial superior, lo que demuestra que esta harina puede cumplir una doble función: aportar antioxidantes naturales que mejoran la estabilidad del producto y contribuir positivamente a sus atributos organolépticos. En conjunto, estos hallazgos refuerzan el potencial del epicarpio de guayaba como una alternativa funcional y viable para la reformulación de productos cárnicos más naturales, saludables y acordes con la demanda actual de alimentos libres de aditivos sintéticos.

II. OBJETIVOS

2.1 Objetivo general

Evaluar el efecto de la sustitución parcial del nitrito de sodio por harina de epicarpio de guayaba (*Psidium guajava L.*) en las propiedades fisicoquímicas y sensoriales de chorizos elaborados a base de carne de cerdo.

2.2 Objetivos específicos

Elaborar chorizos de cerdo evaluando sus propiedades fisicoquímicas y bioactivas incorporando la harina de epicarpio de guayaba.

Evaluar la aceptabilidad sensorial de chorizos elaborados con sustitución parcial de harina de epicarpio de guayaba (*Psidium guajava L.*) en comparación con un tratamiento control.

III. REVISIÓN LITERARIA

3.1 Sustitución de nitritos en productos cárnicos; función y alternativas naturales

3.1.1. Papel de los nitritos en la seguridad y calidad de productos cárnicos.

Los nitritos son ingredientes esenciales en la seguridad de los productos cárnicos, ya que ayudan a prevenir microorganismos patógenos como el *Clostridium botulinum*, el causante del botulismo, una de las ETS más mortales de los alimentos. Los nitritos controlan microorganismos que de otro modo prevalecerían durante la producción de alimentos como jamones, salchichas y chorizo salvando vidas. (Agencia Española de Seguridad Alimentaria y Nutrición 2020).

En adición a su habilidad para reducir el riesgo microbiológico de los productos cárnicos, es importante destacar que los nitritos también contribuyen notablemente a la calidad sensorial de los productos mencionados; al tener contacto con la mioglobina tena, estos derivados químicos generan nitrosomioglobina, “un pigmento de la gama rosa que desarrolla en color rojo después de la fermentación” del producto, por lo que son responsables del atributo de coloración en los alimentos posteriormente curados. De igual modo, los nitritos intervienen en la génesis del sabor específico de los fiambres y embutidos, dando forma a su perfil organoléptico. (Olivares, 2015).

3.1.2. Riesgos asociados al consumo de nitritos y necesidad de alternativas.

Otro grupo de aditivos utilizados en la industria cárnica son los nitritos, de los compuestos más utilizados en sus propiedades conservadoras y estabilizadores de color. Los nitritos han planteado importantes preocupaciones sobre la salud pública en las reacciones con aminoácidos en condiciones ácidas, como las del estómago, pueden formar nitrosaminas. La nitrosamina se clasifica como IARC (prueba vasca y prueba de consumo y prueba de consumo, S.F.) se clasifican como carcinógenos.

Los nitritos en exceso también pueden dar lugar a metachemoglobulinemia, que evita que el oxígeno se transporte a través de la sangre adecuadamente, lo que es mucho más riesgoso para los bebés. El consumo habitual de nitritos también se relaciona con la hipertensión y las enfermedades cardíacas, quizás simplemente porque perjudica el trabajo de los vasos sanguíneos. (Banner Health, 2023)

Ante estos riesgos, surge una necesidad imperativa de encontrar alternativas naturales que garanticen la seguridad y calidad de los productos cárnicos. Al respecto, se han propuesto diferentes alternativas naturales basadas en extractos vegetales ricos en nitratos, como el apio, la remolacha, cúrcuma ya que estos actúan como precursores naturales de nitritos pero sin los riesgos de formación de nitrosaminas que estos conllevan. Asimismo, se ha planteado el uso de tecnologías como los cultivos iniciadores y productos naturales como el propóleo, que han demostrado ser eficaces para sustituir a los nitritos y además ofrecen ventajas antimicrobianas y antioxidantes. (Amerex Ingredientes, 2024; DiCYT, 2011).

3.1.3. Uso de compuestos antioxidantes naturales como sustitutos de nitritos

El deseo de reemplazar a los nitritos sintéticos en productos cárnicos ha motivado la búsqueda de alternativas naturales sustentadas en compuestos antioxidantes. Se investigan los extractos vegetales. Como el romero, la alfalfa y los cítricos por su capacidad para inhibir el crecimiento microbiano, y retrasar la oxidación lipídica, conservando de esta forma la seguridad y la calidad sensorial de los productos cárnicos. (Tegcarnicos, 2009)

Actualmente se han investigado frutas y verduras que tengan la funcionalidad de nitratos, como el apio, remolacha que ayudan a sustituir efectivamente para el nitrito ordinario. Durante el proceso de curado, los nitratos se controlan de manera controlada en estas fuentes naturales en nitritos, lo que significa que las propiedades antimicrobianas

necesarias se conservan sin la necesidad de aditivos químicos sintéticos. (González López, Chamorro Ramírez, González Sánchez y Peña González, 2022).

3.1 Propiedades funcionales del epicarpio de guayaba

3.1.1. Composición fitoquímica

Tiene una estructura fitoquímica caracterizada por altas concentraciones de metabolitos secundarios, que incluyen alcaloides, terpenoides, polifenoles y flavonoides. Sin embargo, estos componentes no son importantes para el individuo, sino para la planta misma. Los compuestos le dan a la planta sus propiedades protectoras contra los patógenos y se adaptan a los factores ambientales. Actualmente debido a los antioxidantes, las propiedades antiinflamatorias y antimicrobianas, los compuestos siguen siendo emocionantes para la sociedad médica y orgánica (González, 2013).

Recientemente, los polifenoles han sido reconocidos como uno de los grupos más importantes en la lucha contra las especies reactivas de oxígeno, permitiendo la prevención automáticamente del daño oxidativo celular en el cuerpo humano. (Reyes , 2021).

3.1.2. Polifenoles

Los polifenoles: una clase de compuestos químicos, donde una estructura contiene varios grupos fenol. Los polifenoles incluyen los flavonoides, los ácidos fenólicos, los lignanos y los taninos existen en grandes cantidades en frutas, aguacate, bayas, té y vino. La razón para incluir polifenoles en los alimentos funcionales es la actividad antioxidante de muchos órdenes. Reducir la posibilidad de contraer enfermedades crónicas, tal vez la enfermedad cardiovascular, también eliminar ciertos tumores. (González., 2013).

El acceso a la calidad y la cantidad de los polifenoles se desplaza enormemente en varias especies de plantas. Depende de numerosos factores incorporados en el material biológico, particularmente en su madurez y en las condiciones de florecimiento. (Reyes., 2021).

3.1.3. Flavonoides

Los flavonoides son la clase más rica de polifenoles. Todos los miembros de esta familia están unidos por una estructura, un sello ordinario desarrollado por un esqueleto de 15 de carbono con dos anillos aromáticos, que se combinan por tres cadenas de carbono. En los últimos años, se han encontrado flavonoides no solo una clase antioxidante, sino también antimicrobiana y sus propiedades antivirales antiinflamatorias y antivirales. Además, muchos trabajos recientes han demostrado que el consumo de flavonoides regular en grandes cantidades con productos puede ayudar a prevenir el desarrollo de enfermedades degenerativas. Aquí la raíz radica en la capacidad de regular los principales procesos bioquímicos en el cuerpo. (Pérez., 2022).

3.1.4. Capacidad antioxidante.

La capacidad antioxidante de los compuestos fitoquímicos es la capacidad de neutralizar los radicales libres y prevenir el daño oxidativo a las células y los ratos. La mayor fuente de esta actividad radica en los polifenoles y flavonoides en las plantas. (González, 2013). Hay métodos para evaluar esta capacidad, entre ellos está el uso de DPPH, ABTS y FRAP que le permiten determinar cuánto extractos vegetales actúan como antioxidantes. La propiedad actúa en combinación con el contenido material de frutas y verduras porque conserva su frescura, lo que diluye los beneficios para la salud para los humanos (Pérez.2022).

3.2. Actividad antimicrobiana de compuestos presentes en el epicarpio de guayaba.

La actividad antimicrobiana de los compuestos fitoquímicos en el epicarpio de la guayaba es la capacidad de inhibir el crecimiento de microorganismos patógenos, como bacterias y hongos. Esta propiedad se atribuye principalmente a los taninos, flavonoides y ácido fenólico en la cáscara del fruto (Martínez 2015.)

La evaluación de esta actividad se realiza a través la difusión en agar, la concentración mínima inhibitoria y la concentración mínima bactericida las cuales permite determinar la eficacia del extracto frente a variedad de cepas microbianas. Asimismo, la utilización de extractos del epicarpio de guayaba no solo constituye una alternativa natural a los antimicrobianos sintéticos, sino que contribuye al consumo del fruto en su totalidad y al diseño de nuevos productos con valor agregado (Ramírez., 2017).

3.2.1. Contenido de fibra dietética y su efecto sobre la matriz cárnica.

Contenidos de fibra dietética en formulaciones cárnicas. El contenido de fibra en las formulaciones cárnicas ha destacado por su aptitud para modificar positivamente la estructura y funcionalidad de la matriz cárnica. La adición de fibra influye en ciertas de las propiedades fisicoquímicas del producto, tales como la capacidad de retención de agua utilizada o la estabilidad durante la cocción, pero también aporta a su capacidad nutricional. (Flores-Girón & Rivera-De Alba, 2022).

Por otra parte, varios estudios han evidenciado que ciertas fibras, tal como la inulina, el salvado de trigo o las fibras de frutas, pueden funcionar como reemplazantes parciales de grasa, ya que reducen el valor calórico del alimento sin afectar la textura y la aceptabilidad sensorial. (Gil , 2024). Por otro lado, la fibra también puede influir en la viscosidad, mejorar la emulsión de estructura y contribuir en la disminución de las pérdidas por

exudado en productos cárnicos cocidos, como salchichas, hamburguesas y longanizas. (Marín, 2009; Cazares-Gallegos., 2019).

3.3. Procesamiento de la harina de epicarpio de guayaba y conservación de propiedades funcionales

La obtención de harina a partir de materias primas vegetales, incluidas semillas, tubérculos u hojas, implica tres procesos principales; secado, molienda y tamizado. El secado es esencial para que el material reduzca la humedad que promueve el crecimiento microbiano y aumente su vida útil; por lo tanto, el secado puede llevarse a cabo mediante secadores solares y artificiales, según los recursos disponibles y las propiedades del material, (Caicedo, 2021).

La molienda reduce el material seco a partículas más pequeñas con molinos de martillos o de aspas. De esta manera, el concentrado deshidratado puede trabajarse con mayor facilidad (Carrillo Gutiérrez, 2023). Por último, el tamizado corresponde a un proceso de clasificación del tamaño de los gránulos y su homogenización en el caso de la harina. Se garantiza así la uniformidad de las harinas.

3.3.1. Impacto del secado en la retención de compuestos bioactivos.

El secado es otra de las etapas que afectan la retención de compuestos bioactivos de los alimentos. Según Tovar Barrientos, el secado con temperaturas moderadas de 50 °C favorece la conservación de polifenoles totales, capacidad antioxidante y carotenoides de níspero (Tovar Barrientos, 2018).

El método de secado aplicado también puede afectar el contenido de las concentraciones de compuestos fenólicos y actividad antioxidante y se registran diferencias significativas

de acuerdo con el proceso aplicado. (González., 2019). Además, el secado al vacío también presenta una alta retención de compuestos bioactivos y actividad antioxidante, y es un método alternativo significativo para mantener los componentes en productos alimenticio.

3.4. Evaluación de propiedades fisicoquímicas: higroscopicidad, capacidad de retención de agua y grasa.

La evaluación de propiedades fisicoquímicas como higroscopicidad, la capacidad de retención de agua y la capacidad de retención de grasa son cruciales para describir la funcionalidad de un ingrediente alimentario en varios tipos de aplicaciones industriales. Cómo la higroscopicidad de un ingrediente influye en su estabilidad y vida útil, y el tamaño de partícula de los polvos de cáscara de mango presentó una influencia directa, ya que algunos investigadores arrojaron 2% mayor higroscopicidad para partículas más finas (Serna-Cock et al., 2015).

La Capacidad de retención de agua por otro lado, es crucial para la retención de la textura y la jugosidad en alimentos cárnicos y panificados, y el uso de ingredientes como la fibra de papa dulce extranjera” como agentes con alta capacidad de retención de agua ha sido confirmado para alimentos procesados como alimentos con ingredientes funcionales. Capacidad de retención de agua, nada menos vital en términos de estabilidad emulsificadora y textura, además de estar en polvos de frutas como el mango, cuyos valores son en muchos casos muy favorables a la afinidad con los productos finales. (Serna-Cock ., 2015).

3.5. Interacción de harina de epicarpio en matriz cárnica en chorizos de cerdo reformulados

3.5.1. Efectos de la harina en la red proteica miofibrilar de la carne.

Las harinas de vegetales utilizada en productos cárnicos reformulados, como el chorizo de cerdo, puede tener un efecto significativo en la red proteica miofibrilar y afectar las propiedades texturales y funcionales del producto final. Por otro lado, la harina de cáscara de yuca fue capaz de mejorar la textura del chorizo de cerdo, haciéndolo más duro y elástico. Su efecto puede deberse a una interacción entre las fibras y las proteínas miofibrilares que conducen a una red proteica más compacta. (Guevara, 2021)

Además, en productos cárnicos fermentados como el salchichón, la adición de fibra de guisante promueve la formación de una estructura tridimensional dentro de la matriz cárnica, lo que revela una interacción eficaz entre las fibras dietéticas y las proteínas cárnicas, mostrando así una mayor capacidad de retención de agua y lípidos, así como una mayor estabilidad del producto. (Montero-Castillo, Martelo Gómez & Paternina Sierra, 2023).

3.5.2. Influencia sobre la capacidad de retención de agua y grasa en los chorizos.

La adición de harinas vegetales a las formulaciones de chorizos de cerdo reformulados podría tener un efecto significativo sobre la CRA y la textura de los productos finales. Algunos informes demostraron que la adición de harina de fibra de trigo o soja a chorizos parrilleros disminuyó significativamente la cantidad de grasa y la CRA. La reducción de la CRA del chorizo es el resultado del flujo de grasa provocado por la reacción de la dióxido de azufre (SO₂) metabólica en . debido a la aparición simultánea de la CRA con la CRG, el producto final de carne con harina posee una mejor solidez mecánica. (Escuela Agrícola Panamericana, 2022).

3.6. Potencial funcional y nutraceutico de chorizos enriquecidos con harina de epicarpio

3.6.1. Efectos antioxidantes de los polifenoles sobre la estabilidad del producto cárnico.

La adición en la formulación de chorizos de cerdo reformulado de harinas vegetales ricas en polifenoles, como la de epicarpio como la de epicarpio, resulta eventualmente influyente para la estabilidad oxidativa del producto cárnico, otorgándole una vida útil y calidad sensorial. La actividad antioxidante de los polifenoles se lleva a cabo con la donación de electrones a los radicales libres, lo que estabiliza la molécula y previene el daño celular, permitiendo la protección de lípidos y proteínas presentes en la matriz cárnica. (Nutrinews, 2024).

La incorporación de extractos antioxidantes naturales en productos cárnicos ha demostrado resultados prometedores para retrasar el procesamiento y las reacciones oxidativas inducidas por el almacenamiento de la carne, preservando así la calidad del producto, como explicó (Lorenzo en 2020). La harina de cáscara de granada, por ejemplo, ha demostrado ser rica en polifenoles y ha mostrado una considerable actividad antioxidante y un alto contenido de fibra dietética demostró reducir la actividad del agua y, por lo tanto, sería útil para mantener el color y la textura de los chorizos durante el almacenamiento.

3.6.2. Reducción del riesgo de enfermedades asociadas al consumo de productos cárnicos tradicionales.

La harina de epicarpio de guayaba está asociada con la presencia de compuestos bioactivos, como polifenoles, flavonoides y fibras dietéticas, puede usarse para la producción de salchichas como una forma de reducir el riesgo de enfermedades crónicas no existentes asociadas con la ingesta de carne reciclada. Especialmente, Guayaba Epicarp tiene una poderosa capacidad antioxidante, lo que significa que puede funcionar reduciendo la formación de compuestos tóxicos producidos durante la oxidación de

lípidos basados en productos de carne y carne durante el tratamiento y el almacenamiento. (Velazco Arango & Bernal Martínez, 2020).

3.6.3. Aspectos regulatorios para la declaración de propiedades funcionales en productos cárnicos.

En este contexto, y conforme con la legislación vigente en las regiones en las que se llevan a cabo las investigaciones, es necesario indicar que, en el caso de los productos cárnicos, es fundamental cumplir con los requerimientos impuestos por las autoridades competentes para formular declaraciones de propiedades funcionales. Por lo tanto, “según las disposiciones citadas, la Ley General de Salud y otras disposiciones de Honduras exigen que, para todos los alimentos que formulen una declaración de propiedades funcionales, un alimento funcional se demuestre con una calidad adecuada y cantidad” de la evidencia que respalda la función en la que se basa la declaración. Además, el fabricante debe cumplir con todos los requisitos de etiquetado y registro sanitario. (ARSA, 2024).

En este sentido, el Reglamento Técnico Centroamericano RTCA 67.04.54:10 establece las pautas para los aditivos alimentarios y la declaración de propiedades funcionales en productos cárnicos, en línea con los dictados por la Comisión del Codex Alimentarius, COMEX, 2024). Sin embargo, cabe destacar que, para que una declaración de propiedad funcional sea válidamente válida, debe estar avalada por estudios científicos que demuestren una correlación positiva entre el consumo del producto y el beneficio para la salud, tal y como establecen la Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria y otros organismos internacionales.

IV. MATERIALES Y METODOS

4.1. Tipo de estudio

Este es un estudio experimental con un diseño completamente al azar, se establecen cuatro tratamientos con diferentes proporciones de sustitución parcial de nitrito de sodio por harina de epicarpio de guayaba, evaluando su efecto sobre las propiedades fisicoquímicas y sensoriales de chorizos de cerdo.

4.2. Lugar de ejecución

La investigación se llevó a cabo en la Universidad Nacional de Colombia, sede Palmira, ubicada en el Valle del Cauca, Colombia. Los análisis experimentales se realizaron en los laboratorios de Tecnología de Carnes y Tecnología de Frutas y Hortalizas, Facultad de Ingeniería y Administración, los cuales cuentan con el equipamiento necesario para la ejecución de cada una de las fases del estudio

4.3. Materiales y Equipos

Tabla 1 Materiales

N.º	Insumo o material	Uso previsto
1	Guayabas maduras (en estado de madurez fisiológica óptima)	Producción de harina de epicarpio
2	Agua potable	Lavado de guayabas, formulación, análisis sensorial
3	Hipoclorito de sodio (200 ppm)	Desinfección de guayabas
4	Sal	Condimento para elaboración de chorizo
5	Condimentos según la formulación	Saborización del producto
6	Nitrito de sodio	Conservador en formulación cárnica
7	Harina de epicarpio de guayaba	Ingrediente funcional en chorizo
8	Tripas naturales	Embutido del chorizo
9	Agua potable (para jueces en análisis sensorial)	Neutralizar sabores entre muestras
10	Formatos de evaluación sensorial	Instrumentos para recolectar opinión de jueces
11	Bolsas de polietileno grado alimenticio	Empaque y almacenamiento del producto final

Tabla 2 Equipos

N.º	Equipo o Instrumento	Uso previsto
1	Cuchillos de acero inoxidable	Corte y preparación de la materia prima
2	Bandejas de plástico	Manipulación y transporte higiénico de ingredientes
3	Estufa de secado con circulación forzada de aire (55–60 °C)	Secado del epicarpio de guayaba
4	Molino de cuchillas	Molido del epicarpio deshidratado
5	Tamiz malla N° 60	Estandarización del tamaño de partícula de la harina
6	Balanza analítica	Pesaje exacto de ingredientes
7	Mezcladora mecánica	Mezcla homogénea de ingredientes de la formulación
8	Embutidora de carne	Embutido del chorizo en tripas
9	Refrigerador (4 ± 1 °C)	Conservación del producto elaborado
10	Potenciómetro digital (para medición de pH)	Medición del pH del producto final
11	Vortex y cristalería de laboratorio.	Para muestras y para realizar análisis
12	Estufa de secado (105 °C, para análisis de humedad)	Determinación de humedad
13	Colorímetro Konica Minolta Meter CR-100	Medición de parámetros de color (L*, a*, b*)
14	Computadora con software estadístico (Minitab, Infostaf)	Análisis de datos experimentales

4.4. Obtención y preparación del epicarpio de guayaba

Para la obtención de la harina del epicarpio de guayaba se utilizó una metodología realizada por (Velasco Arango 2020) modificando algunos pasos, la materia prima fue adquirida en la Ciudad de Palmira, Valle del Cauca, Colombia. Una vez obtenida la fruta en su estado de madurez, se llevó a cabo su respectiva desinfección mediante una solución de hipoclorito de sodio a 130 ppm, sumergiéndose por un tiempo de 10 minutos.

Luego, se retiró con delicadeza el epicarpio de la pulpa, eliminando impurezas causadas por daños mecánicos y fisiológicos. Tras obtener el epicarpio, se realizó el tratamiento térmico para eliminar posibles microorganismos dañinos e inactivar enzimas. Esto incluye el escaldado a 70 °C durante 3 minutos y tratamiento de choque térmico en agua

fría a 2 °C con metabisulfito a 1600 ppm por 15 minutos. Se eliminó el exceso de agua para facilitar el secado.

El secado se realizó en un horno de convección forzada natural a una temperatura de 60 °C, y tuvo una duración de 24 horas para prevenir daños a la estructura vegetal, asegurando una estabilidad y conservación de los compuestos bioactivos. El epicarpio presentaba una humedad inicial al 80% y al final se obtuvo una humedad menor al 12%, se llevó a cabo el proceso de molienda utilizando un molino y se eliminaron las partículas con la ayuda de un tamiz para tener una textura fina y homogénea. Se almacenó en bolsas herméticas cubiertas de papel aluminio para evitar degradación por la luz externa.

El rendimiento se obtuvo a partir del epicarpio fresco, utilizando la siguiente fórmula:

$$\text{Rendimiento} = (\text{Peso final HEG}) / (\text{Peso epicarpio fresco}) \times 100$$

4.5 Determinación de pH

Para cada muestra que se analizó, se pesó 1 g de harina y 1 g de chorizo se transfirió a un tubo falcon, después se le agregó 20 ml de agua destilada lo que corresponde a una disolución 1:20, luego fue llevado al vortex para obtener una mezcla homogénea, para determinar el pH se utilizó un medidor de pH (específicamente, el modelo MP230 fabricado por Mettler Toledo en Suiza).

4.6. Cuantificación de Carotenoides

En la cuantificación de carotenoides a partir de harina de epicarpio de guayaba, se utilizó una metodología basada en extracción con disolventes no polares. Se pesó 0.5 g de muestra seca y 0.5 g de muestra fresca tamizada, la cual se mantuvo protegida de la luz para evitar la degradación de los pigmentos. Posteriormente, se preparó una mezcla de solventes en una proporción 75:25 utilizando 15 mL de hexano y 5 mL de acetona, y se agregó directamente sobre la muestra. La mezcla se agitó durante 40 minutos a temperatura ambiente aproximadamente 20 °C, cubriéndose con papel aluminio para

proteger de la luz. Luego, se centrifugó a 4000 rpm por 10 minutos, obteniéndose dos fases, de las cuales se recuperó cuidadosamente la fase superior clara o amarilla, rica en carotenoides.

Finalmente, la fracción recuperada fue llevada al espectrofotómetro para la medición de la absorbancia correspondiente a las longitudes de onda características de los principales carotenoides presentes. La metodología utilizada es implementada por Poojary, M. M., & Passamonti, P. (2015). Para determinar la cantidad de carotenoides en la harina mg/g de muestra se utilizó la ecuación de Lambe-Beer.

$$-C.T. = \frac{A*V*10^3}{E^{1\%}_1*W}$$

Donde:

E% -- coeficientes de extinción en hexano 2560 para β -caroteno.

A – absorbancia a determinada longitud de onda.

V – volumen final del extracto en ml.

W – peso de la muestra en gramos.

4.7.Cuantificación de compuestos fenólicos totales

La identificación de compuestos fenólicos se realizó siguiendo el procedimiento indicado por Singleton en 1999. Para ello, se tomó 0,5 g de muestra seca o 1 g de muestra fresca, las cuales fueron procesadas con 20 mL de una solución de etanol al 80 por ciento. La mezcla se agitó durante 3 minutos y luego se sometió a un tratamiento de ultrasonido por 20 minutos, cuidando que la temperatura no excediera los 27 grados Celsius, para mejorar la extracción y asegurar una mayor precisión en los resultados. Una vez que se obtuvo la solución extraída, se filtró. Para el análisis, se preparó una nueva mezcla con 0,5 mL del extracto filtrado, 5 mL de agua destilada y 0,5 mL del reactivo de Folin-Ciocalteu.

Esta solución se dejó reposar por 3 minutos antes de incorporar 1 mL de una solución de

carbonato de sodio anhidro al 20 por ciento. Luego, se calentó en un baño María a 45 grados Celsius durante 15 minutos y posteriormente se dejó enfriar durante 20 minutos. Finalmente, se midió la absorbancia en un espectrofotómetro a 765 nm. Para la cuantificación se utilizó una curva de calibración elaborada con ácido gálico, y los resultados se presentaron en miligramos de equivalentes de ácido gálico por gramo de harina de guayaba.

4.8. Color

Para medir el color, se utilizó un colorímetro Konica Minolta Meter CR-100, originario de Osaka, Japón, tanto en la harina como en cada lote de chorizo, registrando las coordenadas CIEL*a*b* .

4.9. Formulación de tratamientos

Se establecieron cuatro tratamientos experimentales con cantidades variables de harina de epicarpio de Guayaba que reemplazan el nitrito de sodio.

Tabla 3 Tratamientos

Tratamiento	% Nitrito de sodio	% Harina de epicarpio
Control	100%	0%
T1	75%	25%
T2	50%	50%
T3	25%	75%

4.10. Elaboración de los chorizos

Para la preparación del chorizo de cerdo, se modificó el procedimiento que presentó Zapata;2020, tomando en cuenta las pautas establecidas en la Norma Técnica Colombiana NTC 1325 de 2008. En este estudio, se utilizó carne de cerdo como la principal fuente

proteica. Se diseñaron cuatro tratamientos, cada uno con tres réplicas, creando lotes de 2000 g de mezcla cárnica por cada unidad de experimentación.

Los tratamientos consistieron utilizando un control con un 100% de nitrito, así como con 75%, 50% y 25% de sustitución de harina de epicarpio de guayaba. Esto se realizó en comparación con la concentración habitualmente utilizada en productos cárnicos curados. Este cambio facilitó la evaluación del impacto de la disminución del aditivo sobre las propiedades fisicoquímicas y sensoriales del producto final.

Tabla 4 Formulación del chorizo

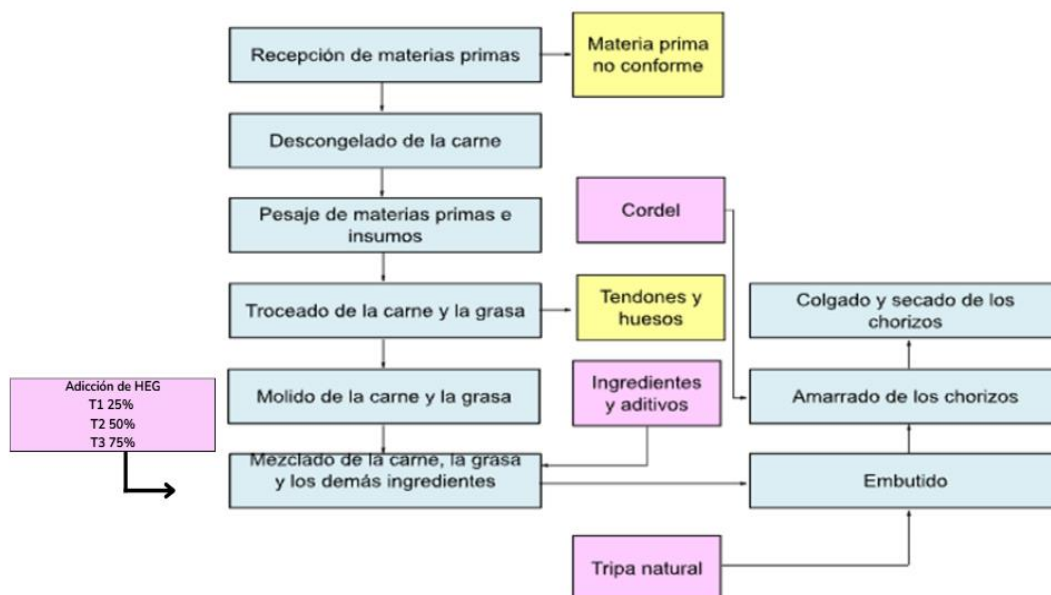
Ingredientes	Porcentaje de inclusión en la formulación, %	Peso Masa cárnica, g Base de cálculo 2.800,00 g
Carne de cerdo	41.9	1.173,20
Grasa de cerdo (Rebanado)	27.9	781,20
Harina de trigo	4.30	120,40
Hielo	15.4	431,20
Insumos y aditivos	10.5	294,00
Total de ingredientes	100.0	2,800,00
Proteína vegetal	3.50	98,00
Ajo en polvo	0.10	2,80
Polifosfatos	0.20	5,60
Ácido ascórbico	0.20	5,60
Glutamato mono sódico	0.01	0,28
Condimento salchicha	0.69	19,32
Cebolla larga picada	4.20	117,60
Sal	0.70	19,60
Comino	0.30	8,40
Humo líquido	0.40	11,20

Total de insumos y aditivos	10.5	294,00
------------------------------------	-------------	---------------

Tabla 5 Cantidades de nitritos y harina de epicarpio de guayaba añadidos a cada lote de chorizos

Lote (cada uno de 700 g)	Harina de epicarpio de guayaba			Nitral		
	%	g/kg	g	%	g/kg	G
Control	0,00	0,00	0,00	100,00	2,10	14,70
T ₁	25,00	0,52	3,64	75,00	1,58	11,06
T ₂	50,00	1,05	7,35	50,00	1,05	7,35
T ₃	75,00	1,58	11,06	25,00	0,52	3,64

Figura 1 Flujo de Proceso de la Elaboración del chorizo de Cerdo



Fuente: Propia adaptada de Hleep; Zapata

Descripción del proceso

El proceso de elaboración del chorizo de cerdo inició con la recepción de las materias primas, verificando que la carne y la grasa cumplieran con los criterios de calidad, frescura y temperatura de refrigeración, evitando olores anormales y tejidos no deseados. En caso de utilizar carne congelada, se realizó un descongelado controlado al aire o en agua, manteniendo siempre condiciones frías para prevenir deterioro. Posteriormente, se efectuó el pesaje de las materias primas e insumos en una balanza de precisión, rotulando cada ingrediente para garantizar la trazabilidad. La carne y la grasa fue cortado en cubos de aproximadamente 3 cm y colocadas en recipientes plásticos limpios para su posterior molido, utilizando una rejilla de 8 mm que permitió obtener una mezcla homogénea, evitando incrementos de temperatura.

Una vez molidas, se procedió al mezclado de la masa cárnica en una mezcladora eléctrica, adicionando gradualmente los condimentos, aditivos y finalmente la harina de epicarpio de guayaba; el hielo se incorporó picado para mantener la temperatura baja. La mezcla se batió hasta obtener una masa uniforme y cohesiva. Seguidamente, se realizó el embutido utilizando una embutidora hidráulica, asegurando la eliminación del aire atrapado y controlando la presión para evitar el rompimiento de las tripas naturales, las cuales fueron previamente hidratadas para recuperar su flexibilidad.

A continuación, los chorizos se amarraron con hilo estéril a una distancia de 12 cm, correspondiente a un peso promedio de 60 g por unidad, garantizando uniformidad en tamaño y presentación. Finalmente, se efectuó el colgado y secado de los chorizos durante 24 horas a temperatura ambiente y bajo condiciones higrométricas controladas y estabilidad para el almacenamiento posterior.

4.11. Almacenamiento y muestreo

Los productos elaborados fueron almacenados en condiciones controladas de refrigeración a 4 ± 1 °C durante un periodo de 3 días. Se realizó el muestreo en el día 3, para evaluar los parámetros fisicoquímicos.

4.12. Análisis sensorial

Se llevó a cabo una evaluación sensorial con 30 jueces no entrenados, 13 Mujeres y 17 hombres. Se utilizó una escala hedónica de 7 puntos para valorar atributos como color, aroma, textura, sabor, donde 1 me disgusta muchísimo, 2 me disgusta mucho, 3 me disgusta ligeramente, 4 ni me gusta ni me disgusta, 5 me gusta ligeramente, 6 me gusta mucho y 7 me gusta muchísimo (Duizer and Walker, 2016; Baba et al., 2016). Las muestras se codificaron de forma aleatoria con el fin de evitar sesgos en la evaluación. Asimismo, se proporcionó a los jueces agua para neutralizar el sabor entre muestras y una galleta de soda para limpiar el paladar antes de cada nueva valoración.

4.13. Análisis estadístico

Los datos obtenidos serán por medio de análisis de varianza (ANOVA) para determinar diferencias significativas entre tratamientos. En caso de encontrar diferencias significativas ($p < 0.05$), se aplicará la prueba de Tukey para comparaciones múltiples. El análisis estadístico se realizará utilizando software Minitab.

V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Tabla 6 Análisis fisicoquímicos y bioactivos de la harina

Análisis fisicoquímicos y bioactivos de la harina de epicarpio de guayaba mg/100g	
pH	4.6 ± 0.1
β caroteno	22.21 ± 0.59
Fenoles	6.02 ± 0.14
Capacidad Antioxidante	92%
Humedad	10%
Rendimiento	6.45%

De la Tabla 6; demuestra como resultado que la harina tiene un pH de $4,6 \pm 0,1$, lo que indica que es ligeramente ácido. Los resultados muestran que el producto puede tener inhibición microbiológica ya que los valores de pH son bajos a 5 tienen la capacidad de evitar el crecimiento de microorganismos patógenos y degradadores. Los valores inferiores a 5 tienen la capacidad de inhibir el crecimiento de microorganismos patógenos y degradantes. Los resultados obtenidos son similares con lo reportado por Rojas et al. (2021), quien afirma que en algunas harinas de frutas y hortalizas deshidratadas tienen un pH que fluctúa entre 4.5 y 5.0 y presentan estabilidad durante el almacenamiento y conservación del color.

La harina contiene 22.21 ± 0.59 de β caroteno mg/100g esto demuestra que es una fuente favorable de este compuesto, aunque hay poca presencia de este compuesto, pero hace que confiera potencial y un valor agregado como ingredientes en productos alimenticios fortificados. Según Cisnero et al (2020) en harinas de calabaza y zanahoria han mostrado mas cantidad debido a sus pigmentos naranja o amarillentos colores característicos de algunos alimentos que contienen estos compuestos funcionales.

La cantidad de fenoles encontrados en la harina 6.02 ± 0.14 son valores que se encuentra en el rango reportado por Martínez et al. (2022), en harinas (5-8 mg GAE/g), lo que indica

que durante el proceso de secado y molienda no fue muy afectada la integridad de los compuestos fenólicos. Según Velasco (2020) La cantidad de compuestos fenólicos puede estar influenciada por diversos factores, como los procesos tecnológicos aplicados, la variedad de guayaba utilizada, el grado de maduración del fruto, así como las condiciones de producción y manejo postcosecha de la materia prima.

El porcentaje de humedad de la harina es 10% se encuentra dentro los límites permitidos según FAO (2018) que $< 13\%$ es lo adecuado para harinas alimenticias, lo cual garantiza una estabilidad durante al almacenamiento y reduce el riesgo de mohos o bacterias. Un contenido bajo de humedad es fundamental en las harinas ya que ayuda a conservar las propiedades sensoriales y calidad microbiológica de la harina.

La capacidad antioxidante de 92% refleja un alto potencial de inhibición de radicales libres, lo que afirma la efectividad de los compuestos bioactivos en la harina. Estos resultados son superiores al de otras harinas reportadas en literatura, que suelen presentar de 70% y 85% de actividad antioxidante (Gómez et al.2020). Enfatiza que el valor indica que el producto conserva una elevada capacidad de protección frente a la oxidación, lo que resulta favorable para incorporar propiedades antioxidantes naturales a matrices cárnicas.

El rendimiento es un poco bajo, lo que puede atribuirse al alto contenido de agua de la materia prima o perdida durante el secado y molienda. Resultados similares fueron observados por Vargas et. Al (2020), quienes reportaron rendimiento de 5-8% en harinas a partir de frutas con elevada humedad inicial. Aunque el rendimiento es bajo, la calidad fisicoquímica y bioactiva del producto final compensa esta desventaja, ya que se obtiene una harina concentrada en compuestos funcionales y estabilidad.

Tabla 7 Análisis fisicoquímicos y bioactivos de chorizo de cerdo

Parámetros fisicoquímicos de Chorizo de Cerdo mg/100g					
Tratamiento	β -caroteno	Fenoles	Capacidad antioxidante (%)	pH	Humedad
Control	0 ^a	0 ^a	0 ^a	6.24 $\pm$ 0.02 ^a	32.61 ^a
T1	0.12 ^b	0.03 ^b	0.48 ^b	6.25 $\pm$ 0.03 ^a	36.18 ^b
T2	0.23 ^c	0.06 ^c	0.97 ^c	6.23 $\pm$ 0.03 ^a	39.56 ^c
T3	0.35 ^d	0.1 ^d	1.45 ^d	6.18 $\pm$ 0.02 ^a	42.02 ^d

Los datos obtenidos según la tabla 7 nos muestra los parámetros fisicoquímicos realizados que al momento de incorporar la harina de epicarpio de guayaba en la matriz cárnica (chorizos de cerdo) se comportan de una manera positiva en las variables fisicoquímicas y bioactivas evaluadas en los chorizos de cerdo, en la tabla podemos ver que los tratamientos a medida va aumentando la incorporación de harina hay un aumento de compuestos bioactivos presentes en el producto, en el pH podemos observar una estabilidad en los tratamientos

El Tratamiento control no presenta el contenido de compuestos bioactivos, mientras tanto los demás tratamientos muestran presencia de estos compuestos, el T3 llegó a contener 0.35 mg/100 g de β -carotenos y 0.10 mg/100 g de fenoles, el incremento nos indica presencia de estos compuestos que se incorporaron en cada uno de los tratamientos. Velasco-Arango (2021) reporta que la harina del epicarpio de guayaba contiene la presencia de estos compuestos, los cuales actúan como antioxidantes naturales que ayudan a evitar la oxidación de lípidos y proteínas, mejorando la estabilidad sin alterar sus propiedades.

La actividad antioxidante se presenta con notables variaciones en los tratamientos, siendo el T3 con 1,45% de este compuesto, los datos obtenidos coinciden con los obtenidos por Ursachi (2020), quien ha demostrado que los antioxidantes que se encuentran en matrices vegetales contribuyen a retrasar y/o prevenir el peróxido de lípidos o proteínas en los productos cárnicos. Velasco-Arango (2021) menciona que la inclusión de este tipo de extractos o harinas vegetales que son ricas en compuestos bioactivos se ve favorecida con

la actividad antioxidante en los embutidos, así como en la actividad que se posea, sin perjudicar sus características fisicoquímicas.

Los resultados de pH los valores se mantuvieron entre 6.18 a 6.25, sin ninguna diferencia significativa en los tratamientos, lo que demuestra que al agregar harina no modifica la acidez del chorizo. Esta estabilidad es favorable, ya que un pH estable contribuye a la inhibición microbiológica y a la calidad sensorial durante el almacenamiento. Velasco (2021) menciona que las harinas ricas en compuestos antioxidantes no afectan las propiedades fisicoquímicas.

El contenido de humedad aumenta en cada tratamiento por los porcentajes de harina incorporada en los chorizos, ese incremento indica que la harina de epicarpio de guayaba ayuda en la retención de agua, se infiere que, por su contenido de fibra y pectina, el porcentaje de humedad puede influir en la textura y jugosidad del chorizo, atributos sensoriales. Ursachi (2020) enfatiza que los ingredientes naturales ricos en fibra no solo ayudan a la capacidad de retención de agua si no ayudan a la matriz, reduciendo pérdidas en la cocción.

Tabla 8 Análisis de Color L*a*b en el chorizo de cerdo

Análisis de Color del Chorizo de Cerdo			
Tratamiento	L	a	b
Control	55.30±1.35 ^a	7.86±0.85a	22.93 ±3.13 ^a
T1	53.99± 2.37 ^a	6.41±0.95a	19.59 ±1.86 ^a
T2	53.27 ± 3. 26 ^a	6.87±1.18a	19.65 ±1.82 ^a
T3	53.46±2.74 ^a	5.90±0.49a	19.16 ±1.13 ^a

Sin diferencias significativas ($p > 0.05$)

El color es un indicador clave en la aceptabilidad de los consumidores del producto, los valores analizados L*, a*, b*, mostraron poca diferencia significativa entre los tratamientos. La pequeña reducción de luminosidad (L)* y de rojos (a)* y amarillos (b)* se debe a la adición de harina de epicarpio de guayaba, cuyos pigmentos naturales tienden

a oscurecer el producto. Según Velasco-Arango et Alabama. (2021) y Ursachi et al. (2020), manifiesta que este comportamiento es habitual en productos cárnicos procesados con ingredientes vegetales y no influye en su aspecto o aceptación sensorial.

La incorporación de harina en las diferentes formulaciones de los chorizos de cerdo no hubo cambios en el color del chorizo, los valores se mantuvieron dentro de los rangos aceptables para este tipo de producto. Asimismo, la introducción de compuestos antioxidantes naturales favorece el mantenimiento del color durante el almacenamiento (Fernández-López et al., 2021) y podría potenciar su uso como ingrediente funcional y saludable en los productos cárnicos, reforzando su papel como ingrediente saludable.

Análisis de Evaluación Sensorial

Figura 2. Índice de aceptabilidad sensorial con cuatro variables evaluadas, textura, color, sabor y aroma con escala hedónica de 7.



Los resultados sensoriales mostraron que todos los tratamientos con harina de epicarpio de guayaba superaron al Control en textura, sabor, color y aroma, lo cual coincide con investigaciones que destacan el potencial de los subproductos frutales para mejorar las propiedades organolépticas de productos cárnicos. La mejora en textura, especialmente en T2 y T3, puede deberse al contenido de fibra y pectinas, que aumentan la capacidad de retención de agua y la jugosidad del chorizo, tal como señalan Utrilla et al. (2020) y Fernández-López & Viuda-Martos (2021).

En cuanto al sabor y aroma, los tratamientos presentaron mayor aceptabilidad que el Control, lo cual se relaciona con la capacidad antioxidante de los compuestos fenólicos que reducen la oxidación lipídica y evitan la aparición de sabores y olores rancios (Estévez, 2021). Además, estos compuestos pueden aportar notas sensoriales agradables, como lo reporta Saad et al. (2022).

Respecto al color, la presencia de pigmentos naturales y antioxidantes en la harina favoreció una mejor apariencia del producto, coincidiendo con estudios que indican que los extractos vegetales estabilizan la coloración en productos cárnicos procesados (Velasco & Williams, 2021). Por ello, T3 obtuvo los valores más altos de aceptabilidad.

En conjunto, los resultados confirman que la sustitución parcial del nitrito por harina de epicarpio de guayaba no afecta negativamente la calidad sensorial; por el contrario, mejora la aceptabilidad global, respaldando lo que la literatura establece sobre el uso de antioxidantes naturales como alternativas funcionales en embutidos (Domínguez et al., 2021).

VI. CONCLUSIONES

La sustitución parcial de nitrito de sodio por harina de epicarpio de guayaba en chorizos de cerdo mejora la calidad del producto, aportando antioxidantes naturales permitiéndolo como el uso de conservantes sintéticos. Esto contribuye a un alimento más saludable y funcional.

De los tratamientos el que presento mayor sustitución fue el T3 mostró mejor capacidad antioxidante, retención de humedad y aceptabilidad sensorial, manteniendo jugosidad, textura y sabor. Además, refuerza la percepción de un producto natural y competitivo frente a los chorizos tradicionales.

La incorporación de la harina no alteró significativamente el color, demostrando estabilidad cromática, viabilidad tecnológica y sensorial del producto. Esto evidencia que los pigmentos naturales de la guayaba ayudan a conservar la apariencia durante el almacenamiento.

VII. RECOMENDACIONES

- Realizar estudios de estabilidad microbiológica y oxidativa para evaluar la vida útil de los chorizos reformulados.
- Evaluar el perfil sensorial y aromático mediante técnicas instrumentales para optimizar la formulación y garantizar aceptación del consumidor.
- Promover el uso del epicarpio de guayaba como subproducto agroindustrial, reduciendo desperdicios y generando alimentos más naturales y saludables.

VIII. BIBLIOGRAFÍAS

Agencia de Regulación Sanitaria (ARSA). 2025. (en línea, sitio web). Accessed 5 May 2025. Available at <https://www.tsc.gob.hn/web/leyes/Acuerdo-0632-ARSA-2023.pdf>.

Al Titulo, MPO; Alimentos, deien. 2025. estudio del efecto de la fibra dietética en la longaniza chilena: su incidencia en la calidad sensorial y en el comportamiento en la cocción (en línea, sitio web). Accessed 3 May 2025. Available at https://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/105290/qf-marin_f.pdf?sequence=3.

Arima, H., & Danno, G.-I. (2002). Isolation of antimicrobial compounds from guava (*Psidium guajava* L.) and their structural elucidation. *Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry*, 66(8), 1727–1730. <https://doi.org/10.1271/bbb.66.1727>

Barrientos, T; Rosemary, S. 2018. Efecto de la temperatura de secado en los compuestos bioactivos y capacidad antioxidante del nispero (*Mespilus germanica* L.). s.l., Universidad Nacional del Centro del Perú. . Accessed 4 May 2025.

Caicedo, D. 2021. Evaluación fisicoquímica y microbiológica de la extracción de harina de oca por el método tacho abierto (online). *Alimentos Ciencia e Ingeniería* 28(1):56–63. DOI: <https://doi.org/10.31243/aci.v28i1.1039>.

del Comité Científico, M. 2025. Informe del Comité Científico de la Agencia Española de Seguridad Alimentaria y Nutrición (AESAN) sobre una cuestión planteada por la Dirección Ejecutiva de la AESAN, en relación con el riesgo de la posible presencia de

N-nitrosaminas en productos cárnicos crudos adobados cuando se someten a tratamientos culinarios de asado o fritura (en línea, sitio web). Accessed 29 Apr. 2025. Available at https://www.aesan.gob.es/AECOSAN/docs/documentos/seguridad_alimentaria/evaluacion_riesgos/informes_comite/NITROSAMINAS_P.CARNICOS.pdf.

Conozca los beneficios de la guayaba - Ministerio de Agricultura Ganadería y Alimentación. 2024. (en línea, sitio web). Accessed 5 May 2025. Available at <https://www.maga.gob.gt/conozca-los-beneficios-de-la-guayaba/>.

De quinua, de H y. S. 2025. Composición nutricional y estabilidad oxidativa (en línea, sitio web). Accessed 4 May 2025. Available at https://ri.conicet.gov.ar/bitstream/handle/11336/25970/CONICET_Digital_Nro.362ce59d-bc98-4ec1-87ee-55db351b54f3_B.pdf?sequence=5

Dialnet Actividad antibacteriana de extractos alcohólicos de hojas de *Solanum dolichosepalum* (Bitter). n.d. s.l., s.e.

Dussán-Sarria, S; Hurtado-Hurtado, DL; Camacho-Tamayo, JH. 2019. Granulometría, Propiedades Funcionales y Propiedades de Color de las Harinas de Quinua y Chontaduro (online). CIT Informacion Tecnologica 30(5):3–10. DOI: <https://doi.org/10.4067/s0718-07642019000500003>.

Evaluación de la sustitución de grasa animal por harina de pepino (*Cyclanthera pedata*) en una salchicha tipo Frankfurt. 2025. (en línea, sitio web). Accessed 4 May 2025. Available at <https://revistas.uniminuto.edu/index.php/Inventum/article/view/1963/2622>.

Facundo. 2024. Polifenoles – Antioxidantes naturales para controlar el estrés oxidativo (en línea, sitio web). Accessed 5 May 2025. Available at <https://nutrinews.com/polifenoles-efectos-beneficios-nutricion-animal-entan/>.

Flórez Ramos, DF; Barco Burgos, J; Rincón Prat, SL. 2016. Análisis comparativo de la carbonización de cuesco de palma de aceite en reactores de lecho fijo (online). *Tecnura* 20(49):45. DOI: <https://doi.org/10.14483/udistrital.jour.tecnura.2016.3.a03>.

Gulkirpik, E; Toc, M; Atuna, RA; Amagloh, FK; Andrade Laborde, JE. 2021. Evaluation of oxidative stability of full fat soybean flour in storage and sensory quality of Tuo Zaafi-enriched with soy flour as influenced by traditional processing methods (online). *Foods* (Basel, Switzerland) 10(9):2192. DOI: <https://doi.org/10.3390/foods10092192>.

Hernández, JLF. 2025. Efecto de la harina de fibra de trigo (*Triticum aestivum*) o de soya (*Glycine max*) en la elaboración de chorizos parrilleros como fuente de fibra (en línea, sitio web). Accessed 4 May 2025. Available at <https://bdigital.zamorano.edu/bitstreams/af2898b0-bace-4e92-b8c2-99e8cd259acf/download>.

Honikel, K.-O. (2008). The use and control of nitrate and nitrite for the processing of meat products. *Meat Science*, 78(1–2), 68–76. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2007.05.030>

López, DMG; Ramírez, FHC; Sánchez, JFG; González, EMP. n.d. Análisis de la eficacia del uso de los nitritos vegetales como sustituto para los nitritos convencionales utilizados en embutidos (online). *Acta de Ciencia en Salud* (20). Accessed 29 Apr. 2025. Available at <https://actadecienciaensalud.cutonala.udg.mx/index.php/ACS/article/view/175>.

Jiménez-Escrig, A., Rincón, M., Pulido, R., & Saura-Calixto, F. (2001). Guava fruit (*Psidium guajava* L.) as a new source of antioxidant dietary fiber. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 49(11), 5489–5493. <https://doi.org/10.1021/jf010147p>

Luna, L; Perfil, VT mi. 2025. CARNICOS (en línea, sitio web). Accessed 29 Apr. 2025. Available at <https://tegcarnicos.blogspot.com/2009/11/conservantes-de-origen-vegetal-posibles.html>.

Luque Andino, NJ; Macia Napa, YY; Macas Moreira, KM. 2024. Efecto de la adición de pulverizado de cáscara de yuca (*Manihot Esculenta*) sobre las características sensoriales y fisicoquímicas de un chorizo (online). *Reincisol*. 3(6):1171–1186. DOI: [https://doi.org/10.59282/reincisol.v3\(6\)1171-1186](https://doi.org/10.59282/reincisol.v3(6)1171-1186).

Maillard-Berdeja, KV; Ponce-Alquicira, E; Schettinobermúdez, BS; Perez-Chabela, ML. 2022. Pomegranate (*Punica granatum* L.) peel flour as functional ingredient for chorizo: Effect physicochemical and sensory characteristics of functional meat products (online). Acta Universitatis Cibiniensis Series E Food Technology 26(1):33–42. DOI: <https://doi.org/10.2478/aucft-2022-0003>.

Montero-Castillo, PM; Acevedo-Correa, D; Jaimes-Morales, J. 2023. Elaboración de un salchichón fermentado usando almidón y fibra como sustitutos de grasa (online). CIT Informacion Tecnologica 34(2):43–52. DOI: <https://doi.org/10.4067/s0718-07642023000200043>.

Mundo, R. 2025. Estas enfermedades ayuda a prevenir el consumo de la guayaba (en línea, sitio web). Accessed 5 May 2025. Available at <https://www.infobae.com/mexico/2025/01/29/estas-enfermedades-ayuda-a-prevenir-el-consumo-de-la-guayaba/>.

Munekata, PES; Gullón, B; Pateiro, M; Tomasevic, I; Domínguez, R; Lorenzo, JM. 2020. Natural antioxidants from seeds and their application in meat products (online). Antioxidants (Basel, Switzerland) 9(9):815. DOI: <https://doi.org/10.3390/antiox9090815>.

Murillo, S. 2025. La deliciosa fruta tropical que ayuda a aumentar la masa muscular y está llena de proteínas (en línea, sitio web). Accessed 5 May 2025. Available at <https://as.com/tikitakas/la-deliciosa-fruta-tropical-que-ayuda-a-aumentar-la-masa-muscular-y-esta-llena-de-proteinas-n/>.

Neira-González, AM; Ramírez-González, MB. 2018. Actividad antibacteriana de extractos de dos especies de Guayaba contra *Streptococcus matans* y *Escherichia coli* (online). Actualidades Biológicas 27(1):27–30. DOI: <https://doi.org/10.17533/udea.acbi.331519>.

Nitratos y nitritos. 2019. (en línea, sitio web). Accessed 29 Apr. 2025. Available at <https://seguridadalimentaria.elika.eus/fichas-de-peligros/nitratos-y-nitritos/>.

No title. 2025. (en línea, sitio web). Accessed 3 May 2025. Available at https://www.revistasbolivianas.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2224-55452020000200008.

Oh, S; Lee, J; Kwak, J; Oh, W; Lee, J. 2025. Oxidative stability of rice flour during storage under thermal oxidation and light irradiation (online). Food science and biotechnology 34(6):1359–1370. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10068-024-01790-y>.

Olmedilla-Alonso, B; Jiménez-Colmenero, F. 2014. Functional meat products; development and evaluation of their health-promoting properties (online). Nutricion hospitalaria: organo oficial de la Sociedad Espanola de Nutricion Parenteral y Enteral 29(6):1197–1209. DOI: <https://doi.org/10.3305/nh.2014.29.6.7389>.

ORCID. 2025. (en línea, sitio web). Accessed 4 May 2025. Available at <https://orcid.org/0000-0001-9734-582X>.

Rivera-De Alba, JA; Flores Girón, DE. 2022. La fibra dietética como un ingrediente funcional en la formulación de productos cárnicos: Dietary fiber as functional ingredient in the formulation of meat products (online). TECNOCENCIA Chihuahua 16(1):40–54. DOI: <https://doi.org/10.54167/tecnociencia.v16i1.892>.

Serna-Cock, L; Torres-León, C; Ayala-Aponte, A. 2015. Evaluación de Polvos Alimentarios obtenidos de Cáscaras de Mango (*Mangifera indica*) como fuente de Ingredientes Funcionales (online). CIT Informacion Tecnologica 26(2):41–50. DOI: <https://doi.org/10.4067/s0718-07642015000200006>.

Serrano-León, J; Lema-Quinatoa, M; Salgado-Cepeda, D; Alcívar-León, C. 2024. ESTUDIO DE LOS EFECTOS DE INULINA UTILIZADA EN LA REFORMULACIÓN DE CARNE PROCESADA (online). Infoanalítica (Quito - Impresa) 12(1):55–98. DOI: <https://doi.org/10.26807/ia.v12i1.280>.

Sindelar, J. J., & Milkowski, A. L. (2012). Human safety controversies surrounding nitrate and nitrite in the diet. Nitric Oxide: Biology and Chemistry, 26(4), 259–266. <https://doi.org/10.1016/j.niox.2012.03.011>

Thurrott, S. 2025. ¿Son seguros los nitratos y nitritos en los alimentos? (en línea, sitio web). Accessed 29 Apr. 2025. Available at

<https://www.bannerhealth.com/es/healthcareblog/teach-me/nitrates-and-nitrites-in-foods>.

Valenzuela, C; Carvallo, F; Morales, MS; Reyes, P. 2015. Efecto del uso de ensilado seco de salmón en dietas de pollos broiler sobre parámetros productivos y calidad sensorial de la carne (online). Archivos de medicina veterinaria 47(1):53–59. DOI: <https://doi.org/10.4067/s0301-732x2015000100010>.

Velazco Arango, VA; Bernal Martínez, AA; Ordóñez Santos, LE; Hleap Zapata, JI. 2020. Caracterización del epicarpio de guayaba (*Psidium guajava* L.) como alternativa natural para uso en productos alimenticios procesados (online). Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial 18(2):26. DOI: [https://doi.org/10.18684/bsaa\(18\)26-36](https://doi.org/10.18684/bsaa(18)26-36).

2025. (en línea, sitio web). Accessed 29 Apr. 2025. Available at https://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0123-42262022000100016&script=sci_arttext. 2025. DOI: <https://doi.org/10.29312/remexca.v14i3.3291>.

ANEXOS

Elaboración de la harina de epicarpio de guayaba.

Anexos 1 Proceso de la obtención de la harina

Las imágenes detallan la elaboración de la harina paso a paso, incluyendo alguno de los equipos utilizados en el proceso.



Formulación de Chorizos

Anexos 2 Formulación y elaboración de chorizos

En las presentes imágenes se muestra la elaboración y formulación de los chorizos de cerdo.



Análisis Fisicoquímicos y bioactivos de la harina y chorizos.

Anexos 3 Análisis fisicoquímicos y bioactivos de la harina y el chorizo del cerdo

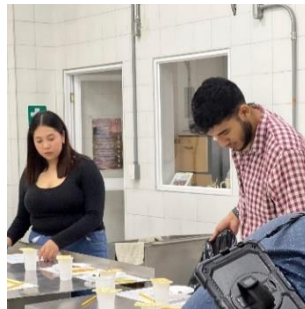
En lserie de imágenes de los análisis realizados con sus equipos respectivos, reactivos utilizados durante la fase experimental.



Análisis sensorial del chorizo

Anexos 4. Pruebas Sensoriales

Realización de las pruebas sensoriales, para obtener el índice de aceptabilidad del chorizo.



Anexo 5. Formato para evaluación sensorial.

Se muestra el formato utilizado para las pruebas de análisis sensorial con una escala hedónica del 1 al 7 l utilizada en la universidad nacional de Colombia.

PRUEBA DE GRADO DE SATISFACCIÓN
Chorizos de Cerdo

	Fecha		DD	MM	AA	
Nivel escolar	Prescolar	Básica	Media	Pregrado	Postgrado	N. A.
Sexo	Hombre	Mujer		Edad		

Pruebe por favor las muestras que se le presentan en el orden que se le indique. Marque con una X en el lugar que indique su opinión acerca de cada muestra de acuerdo con el nivel de aceptación en una escala del 1 al 7, como se indica a continuación:

220	Textura	Color	Sabor	Aroma
1. Me disgusta muchísimo				
2. Me disgusta mucho				
3. Me disgusta ligeramente				
4. Ni me gusta ni me disgusta				
5. Me gusta ligeramente				
6. Me gusta mucho				
7. Me gusta muchísimo				
Comentarios				

545	Textura	Color	Sabor	Aroma
1. Me disgusta muchísimo				
2. Me disgusta mucho				
3. Me disgusta ligeramente				
4. Ni me gusta ni me disgusta				
5. Me gusta ligeramente				
6. Me gusta mucho				
7. Me gusta muchísimo				
Comentarios				

335	Textura	Color	Sabor	Aroma
1. Me disgusta muchísimo				
2. Me disgusta mucho				
3. Me disgusta ligeramente				
4. Ni me gusta ni me disgusta				
5. Me gusta ligeramente				
6. Me gusta mucho				
7. Me gusta muchísimo				
Comentarios				

034	Textura	Color	Sabor	Aroma
1. Me disgusta muchísimo				
2. Me disgusta mucho				
3. Me disgusta ligeramente				
4. Ni me gusta ni me disgusta				
5. Me gusta ligeramente				
6. Me gusta mucho				
7. Me gusta muchísimo				
Comentarios				