













Research Article





Evaluación de la harina de quinua (*Chenopodium Quinoa*) germinada como agente emulsionante y texturizante en la salchicha tipo 3

Evaluation of Germinated Quinoa Flour (Chenopodium Quinoa) as an Emulsifying and Texturizing Agent in Type 3 Sausage

 Tirira-Chulde, Fernanda Germania ¹
 <https://orcid.org/0009-0004-3004-3914>
 ftirirac@uteq.edu.ec
 Ecuador, Quevedo, Universidad Técnica Estatal de Quevedo

 Casa-Molina, Beackman Leonardo ³
 <https://orcid.org/0009-0008-1364-7037>
 beackman.casa2017@uteq.edu.ec
 Ecuador, Quevedo, Universidad Técnica Estatal de Quevedo

 Coronel-Zambrano, Lady Dayana ²
 <https://orcid.org/0009-0009-0798-7382>
 lady.coronel2017@uteq.edu.ec
 Ecuador, Quevedo, Universidad Técnica Estatal de Quevedo

 Zambrano-Muñoz, Denisse Margoth ⁴
 <https://orcid.org/000-0002-2168-2130>
 dzambranom@uteq.edu.ec
 Ecuador, Quevedo, Universidad Técnica Estatal de Quevedo

Autor de correspondencia ¹



DOI / URL: <https://doi.org/10.69484/rcz/v5/n1/163>

Resumen: La quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) es reconocida como uno de los pseudocereales más importantes a nivel mundial debido a su elevado valor nutricional, ya que constituye una fuente significativa de almidón, fibra dietética, vitaminas y minerales como calcio y fósforo. Además, destaca por contener todos los aminoácidos esenciales, característica poco común en alimentos de origen vegetal. Ecuador ocupa el tercer lugar en producción mundial de quinua, lo que la convierte en una materia prima estratégica para la industria alimentaria. En este contexto, las industrias buscan innovar mediante el uso de ingredientes funcionales que mejoren la calidad nutricional de los productos, optimicen costos y respondan a la tendencia dieta-salud. Los productos cárnicos procesados, como las salchichas tipo 3, se elaboran a partir de carne y otros subproductos comestibles sometidos a procesos tecnológicos que aseguran su estabilidad y aceptabilidad. Las emulsiones cárnicas se forman por atrapamiento físico y emulsificación, donde la grasa es estabilizada por proteínas solubilizadas; sin embargo, uno de los principales desafíos tecnológicos es evitar la pérdida de agua y grasa durante la cocción y el almacenamiento. Por ello, En este contexto, la presente investigación evalúa la elaboración de salchichas tipo 3 mediante la sustitución parcial de harina de trigo por harina de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) germinada...de las variedades amarilla (INIAP Tunkahuan) y blanca (INIAP Pata de Venado), empleadas como agentes emulgentes y texturizantes.

Palabras clave: *Chenopodium quinoa*, Harina de quinua germinada, productos cárnicos emulsionados, Salchicha tipo 3, Ingredientes funcionales.



Check for updates

Recibido: 23/Dic/2025
Aceptado: 12/Ene/2026
Publicado: 31/Ene/2026

Cita: Tirira-Chulde, F. G., Coronel-Zambrano, L. D., Casa-Molina, B. L., & Zambrano-Muñoz, D. M. (2026). Evaluación de la harina de quinua (*Chenopodium Quinoa*) germinada como agente emulsionante y texturizante en la salchicha tipo 3. *Revista Científica Zambos*, 5(1), 233-247.

<https://doi.org/10.69484/rcz/v5/n1/163>

Ecuador, Santo Domingo, La Concordia

Universidad Técnica Luis Vargas Torres de Esmeraldas – Sede Santo Domingo

Revista Científica Zambos (RCZ)
<https://revistaczambos.utelvtsd.edu.ec>

Este artículo es un documento de acceso abierto distribuido bajo los términos y condiciones de la **Licencia Creative Commons, Atribución-NoComercial 4.0 Internacional**.



Abstract:

Quinoa (*Chenopodium quinoa Willd.*) is recognized as one of the most important pseudocereals worldwide due to its high nutritional value, as it represents a significant source of starch, dietary fiber, vitamins, and minerals such as calcium and phosphorus. In addition, quinoa stands out for containing all essential amino acids, a rare characteristic among plant-based foods. Ecuador ranks as the third largest quinoa-producing country globally, making this crop a strategic raw material for the food industry. In this context, food industries seek continuous innovation through the incorporation of functional ingredients that enhance nutritional quality, optimize production costs, and respond to the growing diet–health relationship. Processed meat products, such as type 3 sausages, are manufactured from meat and other edible animal by-products subjected to technological processes that ensure stability and consumer acceptability. Meat emulsions are formed through physical entrapment and emulsification mechanisms, in which fat particles are dispersed and stabilized by solubilized proteins. However, one of the main technological challenges in the production of meat emulsions is preventing excessive losses of water and fat during cooking and storage. Therefore, the present study aims to evaluate the production of type 3 sausages by replacing wheat flour with germinated quinoa flour from two varieties, yellow (INIAP Tunkahuan) and white (INIAP Pata de Venado), which are used as emulsifying and texturizing agents.

Keywords: functional, flour, treatment, quinoa varieties, sausages.

1. Introducción

La industria alimentaria contemporánea se encuentra inmersa en un proceso constante de transformación impulsado por la necesidad de responder a las nuevas demandas del consumidor, quien exige alimentos seguros, de alta calidad nutricional, funcionales y económicamente accesibles. En este contexto, la relación entre dieta y salud se ha consolidado como un eje fundamental para el desarrollo de nuevos productos, promoviendo la reformulación de alimentos tradicionales mediante la incorporación de ingredientes con propiedades tecnológicas y nutricionales mejoradas (Frangopoulos et al., 2020; Guamán-Rivera & Flores-Mancheco, 2023). Particularmente, el sector cárnico ha experimentado un notable interés en la innovación de productos emulsionados, orientado a mejorar su estabilidad, rendimiento y perfil nutricional sin comprometer su aceptabilidad sensorial.

Los productos cárnicos procesados, como las salchichas, se elaboran a partir de carne, grasa y otros subproductos comestibles de origen animal, con la adición de ingredientes permitidos que cumplen funciones tecnológicas específicas, tales como agentes ligantes, emulgentes y texturizantes. Estos productos son sometidos a procesos tecnológicos que incluyen picado, mezclado, embutido y tratamiento térmico,

con el objetivo de obtener una matriz estable y segura para el consumo humano (Instituto Ecuatoriano de Normalización [INEN], 2012). Dentro de esta categoría, las salchichas tipo 3 se caracterizan por su formulación económica y su amplio consumo, lo que las convierte en un producto estratégico para la aplicación de innovaciones tecnológicas.

Desde el punto de vista estructural, las salchichas corresponden a sistemas de emulsión cárnica, en los cuales la grasa se dispersa en una fase continua acuosa estabilizada principalmente por proteínas miofibrilares solubilizadas durante el proceso de picado y mezclado. La estabilidad de estas emulsiones se logra mediante dos mecanismos fundamentales: el atrapamiento físico de la grasa dentro de la red proteica y la emulsificación propiamente dicha, donde las proteínas actúan como agentes tensioactivos (Almeida-Casanova et al., 2024). No obstante, uno de los principales desafíos tecnológicos en la elaboración de emulsiones cárnicas es evitar la separación de fases, manifestada como pérdidas de grasa y agua durante la cocción y el almacenamiento, lo cual afecta negativamente el rendimiento, la textura y la calidad sensorial del producto final.

Tradicionalmente, para mejorar la estabilidad de las emulsiones cárnicas se han empleado ingredientes como harina de trigo, almidones modificados y proteínas de origen animal o vegetal. Sin embargo, el uso de estos ingredientes convencionales presenta ciertas limitaciones, tanto por su valor nutricional limitado como por la creciente preocupación de los consumidores respecto al consumo de aditivos y materias primas altamente procesadas (Flores-Murillomet et al., 2024). En este sentido, la búsqueda de ingredientes alternativos, naturales y funcionales ha cobrado relevancia en la investigación y desarrollo de productos cárnicos.

La quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) es un pseudocereal originario de la región andina que ha ganado reconocimiento internacional debido a su excepcional perfil nutricional y funcional. Se caracteriza por su elevado contenido de proteínas de alto valor biológico, con un balance adecuado de aminoácidos esenciales, así como por su aporte de fibra dietética, minerales y compuestos bioactivos (Correa-Salgado et al., 2024). Además, la quinua presenta propiedades funcionales favorables para su aplicación en sistemas alimentarios complejos, tales como capacidad de retención de agua, formación de geles y estabilidad térmica, lo que la posiciona como un ingrediente potencial para la formulación de emulsiones cárnicas (Ruiz Sánchez et al., 2024).

Ecuador se ubica como uno de los principales productores de quinua a nivel mundial, ocupando el tercer lugar en producción, lo que convierte a este cultivo en un recurso estratégico para el desarrollo agroindustrial del país. A pesar de esta ventaja productiva, el aprovechamiento de la quinua en la industria cárnica nacional sigue siendo limitado, predominando el uso de harina de trigo o almidones importados en la formulación de embutidos. La incorporación de quinua como ingrediente funcional no solo permitiría mejorar el perfil nutricional de los productos cárnicos, sino también

fortalecer el uso de materias primas locales y reducir la dependencia de insumos externos.

La germinación de la quinua constituye una alternativa tecnológica que puede potenciar aún más sus propiedades funcionales y nutricionales. Durante este proceso se activan enzimas endógenas que mejoran la digestibilidad de las proteínas, incrementan la disponibilidad de aminoácidos y modifican la estructura del almidón, favoreciendo su comportamiento como agente emulgente y texturizante (Flores-Murillo et al., 2025). Estas características hacen de la harina de quinua germinada un ingrediente promisorio para su aplicación en emulsiones cárnicas, particularmente en productos de consumo masivo como las salchichas tipo 3.

En este contexto, la presente investigación tiene como objetivo evaluar la elaboración de salchichas tipo 3 mediante la sustitución de harina de trigo por harina de quinua germinada de dos variedades comerciales, amarilla (INIAP Tunkahuan) y blanca (INIAP Pata de Venado), analizando su desempeño como agente emulgente y texturizante. El estudio busca aportar evidencia científica sobre el uso de la quinua germinada como ingrediente funcional en productos cárnicos, contribuyendo al desarrollo de alimentos innovadores, nutricionalmente mejorados y alineados con las tendencias actuales de la industria alimentaria.

2. Metodología

Diseño experimental:

La investigación se desarrolló mediante un enfoque cuantitativo, empleando un diseño completamente al azar (DCA) con un arreglo bifactorial $A \times B + 1$, incorporando un testigo (formulación sin sustitución) como tratamiento adicional. El factor A correspondió a la variedad de quinua, con dos niveles: a_0 = quinua amarilla (INIAP Tunkahuan) y a_1 = quinua blanca (INIAP Pata de Venado). El factor B correspondió al porcentaje de harina de quinua germinada, con tres niveles: b_0 = 20%, b_1 = 30% y b_2 = 50%. La combinación factorial generó seis tratamientos (2×3) y, al incluir el testigo, se evaluaron siete tratamientos. Cada tratamiento se ejecutó con tres repeticiones, obteniéndose un total de 21 unidades experimentales.

Características del experimento

El experimento consideró 6 tratamientos factoriales más 1 testigo, con 3 repeticiones por tratamiento, sumando 21 unidades experimentales.

Factores de estudio

Los factores y niveles considerados se presentan en la Tabla 1.

Tabla 1
Factores del estudio y niveles evaluados

Factor	Simbología	Descripción
A: Variedad de quinua	a0	Quinua amarilla (INIAP Tunkahuan)
	a1	Quinua blanca (INIAP Pata de Venado)
B: Porcentaje de harina de quinua germinada	b0	20%
	b1	30%
	b2	50%

Nota: (Autores, 2026).

Tratamientos:

Los tratamientos se definieron por la combinación de los niveles de los factores A y B. Se incluyó un testigo correspondiente a la formulación estándar de salchicha tipo 3” sin sustitución con harina de quinua germinada. La descripción de los tratamientos se presenta en la Tabla 2.

Tabla 2
Tratamientos del arreglo factorial A×B y testigo

N.º	Simbología	Descripción del tratamiento
1	a0b0	Quinua amarilla (INIAP Tunkahuan) + 20% de harina de quinua germinada
2	a0b1	Quinua amarilla (INIAP Tunkahuan) + 30% de harina de quinua germinada
3	a0b2	Quinua amarilla (INIAP Tunkahuan) + 50% de harina de quinua germinada
4	a1b0	Quinua blanca (INIAP Pata de Venado) + 20% de harina de quinua germinada
5	a1b1	Quinua blanca (INIAP Pata de Venado) + 30% de harina de quinua germinada
6	a1b2	Quinua blanca (INIAP Pata de Venado) + 50% de harina de quinua germinada
7	Testigo	Formulación estándar de salchicha tipo 3” sin sustitución con harina de quinua germinada

Nota: (Autores, 2026).

Manejo del experimento y elaboración de la salchicha tipo 3”

La elaboración de las salchichas se realizó bajo un procedimiento uniforme para todos los tratamientos: preparación y pesaje de ingredientes, mezcla y emulsificación, embutido en tripa correspondiente a salchicha tipo 3” y aplicación del proceso térmico según el protocolo del laboratorio (Chicaiza-Ortiz et al., 2023). La variable experimental se limitó a la variedad de quinua y al porcentaje de harina de quinua germinada definido en el diseño; el resto de condiciones de formulación y proceso se mantuvieron constantes para asegurar comparabilidad entre tratamientos.

VARIABLES DE ESTUDIO

Las variables evaluadas se agruparon en análisis físico-químicos, organolépticos y microbiológicos, conforme se resume en la Tabla 3.

Tabla 3
Variables evaluadas en la salchicha tipo 3”

Análisis físico-químicos	Análisis organolépticos	Análisis microbiológicos
Proteína total	Color	Recuento de aerobios totales
Grasa total	Sabor	Recuento de <i>Escherichia coli</i>
Fibra	Olor	—
Ceniza	Textura	—
Humedad	Aceptabilidad	—
pH	—	—

Nota: (Autores, 2026).

Análisis fisicoquímicos y microbiológicos

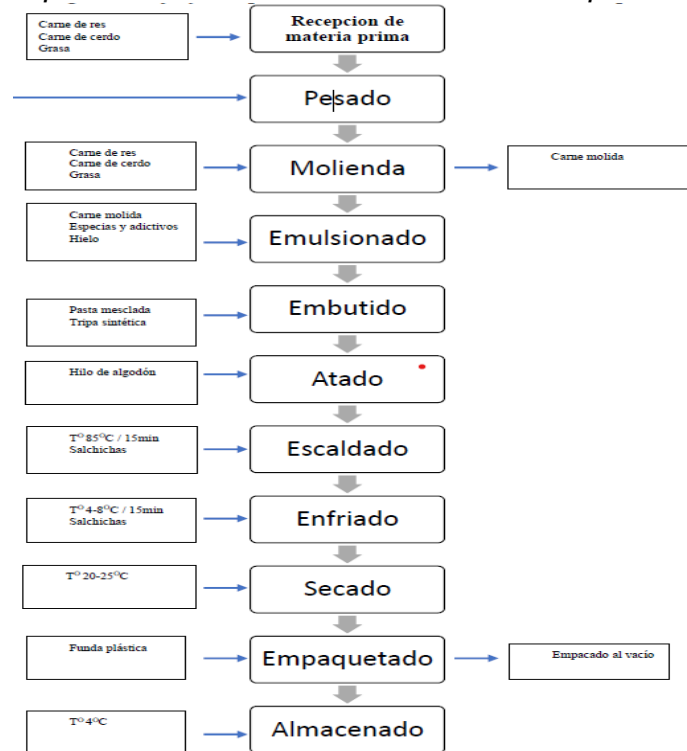
Para la caracterización bromatológica y microbiológica de las salchichas elaboradas con harina de quinua germinada (dos variedades), se determinaron: proteína total, grasa total, fibra, ceniza, humedad, pH, aerobios mesófilos y *Escherichia coli*. Los métodos aplicados se detallan en la Tabla 4

Tabla 4
Métodos aplicados

Determinación	Método	Fundamento
Proteína total	INEN 781	Cuantificación de nitrógeno (amoníaco producido) bajo las condiciones establecidas en la norma (INEN, 2013).
Grasa total	INEN 778	Determinación de grasa extraída bajo las condiciones descritas en la norma (INEN, 2013).
Fibra	—	Cuantificación de polímeros de carbohidratos con tres o más unidades monoméricas.
Humedad	INEN 1388	Pérdida de masa por evaporación de agua durante secado a temperatura adecuada; se reporta como humedad.
pH	INEN 783	Medición del pH en carne y productos cárnicos según el procedimiento descrito en la norma (INEN, 2013).
Aerobios mesófilos	INEN 1529-5	Recuento de microorganismos aerobios mesófilos que crecen en presencia de O ₂ y a temperatura comprendida entre 20 °C y 40 °C (INEN, 2012).
<i>Escherichia coli</i>	INEN 765	Coliformes fecales que fermentan lactosa con producción de ácido y gas (48 h) a 44–45 °C; producen indol a partir de triptófano.

Nota: (Autores, 2026).

Figura 1
 Diagrama de flujo del proceso de elaboración de salchicha tipo 3.



Nota: (Autores, 2026).

Tratamiento de los datos:

Los resultados de cada variable se procesaron mediante análisis de varianza (ANOVA) para evaluar los efectos del factor A (variedad), factor B (porcentaje) y su interacción (A×B). Para identificar diferencias significativas entre medias se aplicó la prueba de Tukey con un nivel de significancia de $p \leq .05$. El análisis estadístico se realizó en el software InfoStat (versión 2019).

3. Resultados

Los resultados y su discusión se centran en evaluar el efecto de la incorporación de harina de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) germinada, considerando la interacción entre la variedad de quinua (factor A) y el porcentaje de adición (factor B), sobre las propiedades físico-químicas, sensoriales y microbiológicas de la salchicha tipo 3" (Flores-Murillo et al., 2025). El análisis estadístico permitió identificar aquellas variables en las que la interacción entre factores influyó de manera significativa, así como aquellas que se mantuvieron estables independientemente de la formulación, lo cual resulta fundamental para establecer la viabilidad tecnológica del producto.

Interacción entre variedad de quinua y porcentaje de harina germinada en el contenido de proteína

En la Tabla 5 se presenta la interacción entre la variedad de quinua y el porcentaje de harina germinada sobre el contenido de proteína de las salchichas tipo 3”.

3.1. Interacción entre variedad de quinua y porcentaje de harina germinada en el contenido de proteína

En la Tabla 5 se presenta la interacción entre la variedad de quinua y el porcentaje de harina germinada sobre el contenido de proteína de las salchichas tipo 3”.

Tabla 5

Interacción entre variedad de quinua (A) y porcentaje de harina germinada (B) sobre el contenido de proteína (%)

Variedad de quinua	20%	30%	50%	Media
Quinua amarilla (INIAP Tunkahuan)	18.08	17.12	17.89	17.70
Quinua blanca (INIAP Pata de Venado)	16.08	16.65	17.55	16.76
Media	17.08	16.89	17.72	—

Nota: (Autores, 2026).

Los resultados muestran que la quinua amarilla presentó un mayor contenido de proteína en todos los niveles de adición, lo que explica la diferencia altamente significativa del factor A reportada en el análisis de varianza. En esta variedad, el mayor contenido proteico se obtuvo con el 20% de harina germinada, mientras que en la quinua blanca se observó un incremento progresivo de la proteína a medida que aumentó el porcentaje de adición, alcanzando su valor máximo al 50%. Este comportamiento sugiere que la respuesta proteica depende tanto de la composición intrínseca de la variedad como de los cambios bioquímicos inducidos por la germinación, tales como la activación enzimática y la mayor disponibilidad de aminoácidos. En todos los tratamientos, los valores obtenidos superaron ampliamente al testigo y se mantuvieron dentro de los límites establecidos por la NTE INEN 781 (2013), evidenciando una mejora nutricional del producto.

3.2. Interacción entre variedad de quinua y porcentaje de harina germinada en el contenido de grasa

La Tabla 6 muestra la interacción entre los factores A y B sobre el contenido de grasa de las salchichas tipo 3”.

Tabla 6

Interacción entre variedad de quinua (A) y porcentaje de harina germinada (B) sobre el contenido de grasa (%)

Variedad de quinua	20%	30%	50%	Media
Quinua amarilla (INIAP Tunkahuan)	2.90	4.01	2.63	3.18
Quinua blanca (INIAP Pata de Venado)	3.58	2.32	3.38	3.09
Media	3.24	3.17	3.01	—

Nota: (Autores, 2026).

El comportamiento observado evidencia un efecto de interacción significativo A×B, caracterizado por un patrón cruzado entre las variedades. En la quinua amarilla, el mayor contenido de grasa se registró al 30% de adición, mientras que en la quinua

blanca este mismo nivel produjo el valor más bajo. Este comportamiento explica la significancia estadística de la interacción reportada en el ANOVA y sugiere que la capacidad de retención de grasa durante la emulsificación depende de la combinación específica entre variedad y nivel de harina germinada. A pesar de estas diferencias, todos los valores se mantuvieron muy por debajo del límite máximo permitido por la NTE INEN 788 (2012) (25%), lo que confirma que la incorporación de harina de quinua germinada no compromete la calidad nutricional del producto.

3.3. Interacción entre variedad de quinua y porcentaje de harina germinada en el contenido de fibra

En la Tabla 7 se presenta la interacción entre los factores de estudio sobre el contenido de fibra.

Tabla 7

Interacción entre variedad de quinua (A) y porcentaje de harina germinada (B) sobre el contenido de fibra (%)

Variedad de quinua	20%	30%	50%	Media
Quinua amarilla	27.70	26.99	27.61	27.43
Quinua blanca	27.07	27.67	28.19	27.64
Media	27.39	27.33	27.90	—

Nota: (Autores, 2026).

Aunque se observa una ligera tendencia al incremento del contenido de fibra con mayores niveles de adición, el análisis estadístico indicó que no existe interacción significativa entre los factores A y B para esta variable. No obstante, todos los tratamientos con harina de quinua germinada presentaron valores notablemente superiores al testigo, lo que resalta el aporte funcional de este ingrediente. La ausencia de una normativa específica que limite el contenido de fibra en salchichas permite considerar estos resultados como favorables desde el punto de vista nutricional.

3.4. Comportamiento sensorial de las salchichas elaboradas con harina de quinua germinada

Los resultados del análisis sensorial permitieron evaluar la aceptación del producto desde la percepción del consumidor, considerando los atributos de color, sabor, olor, textura y aceptabilidad general. En términos generales, los tratamientos formulados con harina de quinua germinada mostraron una buena aceptación sensorial, destacándose aquellos elaborados con niveles intermedios de adición (30%), especialmente en la quinua blanca.

En el atributo color, la mayoría de los tratamientos fueron identificados predominantemente como rojo brillante, característica deseable en salchichas tipo 3", lo cual sugiere que la adición de harina de quinua germinada no afecta negativamente la apariencia del producto. Este comportamiento se relaciona con los resultados físico-químicos de pH y ceniza, los cuales se mantuvieron estables y dentro de los rangos

normativos, evitando alteraciones cromáticas indeseables durante el procesamiento térmico.

Respecto al sabor, los tratamientos con quinua blanca al 30% y 50% presentaron los mayores niveles de aceptación, siendo calificados mayoritariamente como de sabor adecuado. Esto indica que, a estos niveles de sustitución, la harina de quinua germinada no introduce sabores residuales marcados, sino que se integra adecuadamente con la matriz cárnica. Por el contrario, en algunos tratamientos con mayor proporción de quinua amarilla se reportaron percepciones de sabor amargo, lo que podría asociarse a compuestos fenólicos presentes en esta variedad, intensificados por el proceso de germinación.

En cuanto al olor, predominó el descriptor “característico de embutidos” en la mayoría de los tratamientos, lo cual evidencia que la incorporación de harina de quinua germinada no interfiere con el perfil aromático esperado del producto. Este resultado es consistente con los valores de pH observados, ya que un pH controlado contribuye a la estabilidad sensorial y a la percepción positiva del aroma.

La textura mostró variaciones entre tratamientos, siendo las descripciones más frecuentes “húmeda”, “elástica” y “grumosa”. Los tratamientos con niveles intermedios de adición mostraron una textura más homogénea y aceptable, lo que concuerda con el comportamiento de la proteína y la fibra, variables que influyen directamente en la formación de la matriz estructural del producto. La capacidad de la harina de quinua germinada para retener agua y participar en la emulsificación explica la percepción favorable de textura en estos tratamientos.

Finalmente, en la aceptabilidad general, el tratamiento quinua blanca al 30% presentó el mayor porcentaje de aceptación, seguido por el tratamiento con quinua blanca al 50% y quinua amarilla al 20%. Estos resultados confirman que la aceptación del producto no depende únicamente del valor nutricional, sino del equilibrio entre composición, textura y sabor, posicionando a la quinua blanca al 30% como la formulación más favorable desde el punto de vista sensorial.

3.5. Evaluación microbiológica de las salchichas tipo 3”

El análisis microbiológico demostró que todos los tratamientos, incluidos aquellos con harina de quinua germinada y el testigo, presentaron ausencia de coliformes totales, lo que evidencia condiciones adecuadas de higiene durante el procesamiento y la manipulación del producto. Este resultado confirma la inocuidad microbiológica de las salchichas elaboradas bajo las condiciones experimentales del estudio.

En cuanto al recuento de aerobios mesófilos, los valores obtenidos para todos los tratamientos se encontraron por debajo del límite máximo permitido por la NTE INEN 1529-5 (5.0×10^5 UFC/g). Esto indica que la incorporación de harina de quinua germinada no favorece el crecimiento microbiano, ni compromete la estabilidad microbiológica del producto.

Desde el punto de vista tecnológico, estos resultados pueden relacionarse con los valores de pH y humedad observados, los cuales se mantuvieron dentro de rangos controlados y poco favorables para el desarrollo microbiano. Además, la posible presencia de compuestos bioactivos en la quinua germinada podría contribuir de manera indirecta a limitar la proliferación de microorganismos, aunque este efecto no fue objeto directo del presente estudio.

3.6. Integración de resultados físico-químicos, sensoriales y microbiológicos

La integración de los resultados demuestra que la harina de quinua germinada puede emplearse exitosamente como ingrediente funcional en la elaboración de salchicha tipo 3", ya que mejora el perfil nutricional (proteína y fibra), mantiene la estabilidad físico-química, garantiza la inocuidad microbiológica y presenta una aceptación sensorial favorable, especialmente a niveles intermedios de adición. En este contexto, la formulación con quinua blanca al 30% se perfila como la alternativa más equilibrada desde los puntos de vista tecnológico, nutricional y sensorial.

4. Discusión (según sea el caso)

A la luz de los hallazgos, la incorporación de harina de quinua germinada constituye una alternativa tecnológica válida para formular salchichas tipo 3 con mejor perfil nutricional y sin comprometer atributos críticos de proceso. En términos generales, las variables de estabilidad (humedad, pH y cenizas) permanecieron dentro de rangos normativos y sin diferencias significativas entre factores, lo que respalda la viabilidad de sustitución parcial frente a matrices convencionales, en consonancia con la tendencia de reformulación de cárnicos más saludables (Frangopoulus et al., 2020). En este contexto, el empleo de ingredientes funcionales de origen vegetal responde a la demanda de productos con mejor calidad nutricional y menor dependencia de aditivos, una línea ya documentada para cárnicos emulsionados (Jiménez-Colmenero, 2007). De este modo, el estudio aporta evidencia aplicada para un pseudocereal andino con propiedades tecnofuncionales aprovechables en emulsiones cárnicas.

En proteína total se observó un efecto marcado de la variedad: la quinua amarilla presentó niveles superiores en todos los porcentajes, con un máximo al 20%; la quinua blanca, en cambio, mostró incremento progresivo hasta 50% de sustitución, confirmando que la respuesta depende de la interacción variedad–porcentaje y de los cambios bioquímicos inducidos por la germinación (activación enzimática, mayor disponibilidad de aminoácidos) (Ruiz Sánchez et al., 2024). Estos patrones concuerdan con la literatura sobre composición y funcionalidad proteica de la quinua y sus aislados (Abugoch, 2009; Abugoch et al., 2008; Correa-Salgado et al., 2024). Además, el comportamiento diferencial entre variedades es consistente con variaciones reconocidas en composición de pseudocereales (Koziol, 1992). En conjunto, el incremento proteico frente al testigo refuerza la pertinencia nutricional de la sustitución con quinua germinada en matrices emulsionadas.

Respecto al contenido graso, aunque se detectó interacción significativa entre factores, todos los tratamientos se mantuvieron muy por debajo del límite de la NTE INEN 788 (2012), por lo que la inclusión de harina de quinua germinada no conllevó penalización lipídica ni efectos indeseables sobre el perfil final del producto. Este resultado se alinea con estrategias de reformulación que emplean matrices vegetales para modular textura y estabilidad sin aumentar la fracción grasa (Jiménez-Colmenero, 2007; Frangopoulus et al., 2020). Desde una perspectiva tecnológica, la fracción proteica y de fibra de la quinua puede contribuir tanto al atrapamiento físico de la fase grasa como a la emulsificación, mejorando la retención durante el tratamiento térmico. Así, el desempeño observado apoya el uso de pseudocereales como coadyuvantes texturales y emulsionantes en sistemas cárnicos complejos.

En la evaluación sensorial, la formulación con quinua blanca al 30% obtuvo la mayor aceptabilidad global, seguida de la blanca al 50% y la amarilla al 20%, lo que sugiere la existencia de una ventana óptima en niveles intermedios en la que se equilibra la funcionalidad tecnológica (retención de agua y estabilización de grasa) con la percepción sensorial (color, sabor, textura). Este hallazgo es coherente con los mecanismos de estabilidad de emulsiones cárnicas, sustentados en el atrapamiento físico y la acción tensioactiva de proteínas que conforman la red estructural del gel (véase marco teórico sobre emulsiones cárnicas). En términos prácticos, la “blanca 30%” emerge como formulación de compromiso favorable para transferencia tecnológica y pruebas piloto industriales (Flores-Murillo et al., 2024).

Desde el punto de vista microbiológico, todos los tratamientos cumplieron la NTE INEN 1529-5 (2012): ausencia de coliformes y recuentos de aerobios por debajo del límite, confirmando condiciones higiénicas adecuados y ausencia de efecto adverso atribuible a la quinua germinada sobre la estabilidad microbiológica del producto. Estos resultados podrían estar favorecidos por pH y actividad de agua dentro de rangos controlados, y, eventualmente, por compuestos bioactivos de la quinua, hipótesis plausible dado el reporte de actividades biológicas asociadas a proteínas/hidrolizados de pseudocereales (López et al., 2019), si bien no fue objeto directo de este estudio y debe interpretarse con cautela. En suma, la inocuidad observada refuerza la aplicabilidad industrial de las formulaciones evaluadas.

Conviene situar los hallazgos en sus límites y proyecciones. El rango de sustitución (20–50%) y las dos variedades evaluadas acotan la generalización; además, no se midieron directamente pérdidas de agua/grasa por cocción ni parámetros reológicos dinámicos, que aportarían comprensión fina de los mecanismos de estabilización y la cinética de liberación de agua y grasa. Futuras investigaciones deberían: (i) mapear curvas de respuesta dosis-efecto más finas alrededor del 30% para validar la ventana sensorial observada; (ii) incorporar reología oscilatoria, microscopía y DSC para vincular microestructura con textura; (iii) realizar estudios de vida útil (microbiología y oxidación lipídica) y (iv) análisis de costos para escalado. Aun así, el conjunto de resultados apoya la sustitución parcial con harina de quinua germinada como

estrategia factible para optimizar el valor nutricional y mantener la calidad tecnológica de salchichas tipo 3.

5. Conclusiones

La incorporación de harina de quinua (*Chenopodium quinoa*) germinada en la elaboración de salchicha tipo 3” demostró ser una alternativa tecnológicamente viable y nutricionalmente favorable, al mejorar significativamente el contenido de proteína y fibra sin afectar negativamente los parámetros físico-químicos críticos del producto.

El análisis estadístico evidenció que las variables humedad, pH y ceniza no presentaron diferencias significativas entre los factores de estudio ni sus interacciones, manteniéndose dentro de los rangos establecidos por la normativa INEN correspondiente. Esto confirma que la sustitución parcial con harina de quinua germinada no compromete la estabilidad ni la calidad del producto cárnico.

En cuanto al contenido de proteína, se determinó una diferencia altamente significativa atribuida al factor variedad, destacándose la quinua amarilla por su mayor aporte proteico. Sin embargo, la quinua blanca mostró un comportamiento favorable a niveles mayores de adición, lo que evidencia que la respuesta nutricional depende de la combinación específica entre variedad y porcentaje de harina germinada.

El contenido de grasa presentó una interacción significativa entre los factores, aunque todos los tratamientos se mantuvieron muy por debajo del límite máximo permitido por la NTE INEN 788 (2012), lo que indica que la adición de harina de quinua germinada no incrementa el contenido lipídico del producto y contribuye a un perfil nutricional más saludable.

Los resultados sensoriales demostraron que los tratamientos con niveles intermedios de adición presentaron una mejor aceptación en términos de color, sabor, textura y aceptabilidad general. Esto sugiere que existe un equilibrio óptimo entre funcionalidad tecnológica y percepción sensorial cuando se emplean porcentajes moderados de harina de quinua germinada.

Desde el punto de vista microbiológico, todos los tratamientos cumplieron con los requisitos establecidos por la NTE INEN 1529-5 (2012), evidenciando ausencia de coliformes y recuentos de aerobios totales dentro de los límites aceptables, lo que garantiza la inocuidad del producto elaborado.

CONFLICTO DE INTERESES

“Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses”.

Referencias Bibliográficas

- Abugoch, L. E. (2009). Chapter 1 Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.): Composition, Chemistry, Nutritional, and Functional Properties *Advances in Food and Nutrition Research*, 58, 1–31. [https://doi.org/10.1016/S1043-4526\(09\)58001-1](https://doi.org/10.1016/S1043-4526(09)58001-1)
- Abugoch, L. E., Romero, N., Tapia, C. A., Silva, J., & Rivera, M. (2008). Study of some physicochemical and functional properties of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) protein isolates. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 56(12), 4745–4750. <https://doi.org/10.1021/jf703689u>
- Almeida-Casanova, B. D., Zambrano-Muñoz, D. M., Aldas -Morejon, J. P., Zambrano Muño, R. M., & Revilla-Escobar, K. Y. (2024). *Potencial inhibitorio de extractos de hierba luisa (Aloysia citriodora) y jengibre (Zingiber officinale) contra Staphylococcus aureus en carne de res*. Editorial Grupo AEA. <https://doi.org/10.55813/egaea.l.109>
- Chicaiza-Ortiz, C. D., Rivadeneira-Arias, V. del C., Herrera-Feijoo, R. J., & Andrade, J. C. (2023). Prácticas de laboratorio y cuestionario sobre biotecnología ambiental. In *Biología Ambiental, Aplicaciones y Tendencias* (pp. 92–117). Editorial Grupo AEA. <https://doi.org/10.55813/egaea.cl.2022.18>
- Correa-Salgado, M. de L., Herrera-Feijoo, R. J., Ruiz-Sánchez, C. I., & Guamán-Rivera, S. A. (2024). *Fundamentos de Bioquímica Vegetal*. Editorial Grupo AEA. <https://doi.org/10.55813/egaea.l.68>
- Flores-Murillo, C. R., Ochoa-Celi, J. A., & Santamaría-Robles, L. B. (2024). *La ingeniería química pilar multidisciplinario en diversas industrias*. Editorial Grupo AEA. <https://doi.org/10.55813/egaea.l.103>
- Flores-Murillo, C. R., Ochoa-Celi, J. A., Santamaría-Robles, L. B., & Peñafiel Pazmiño, M. E. (2025). *Fundamento a la química ambiental*. Editorial Grupo AEA. <https://doi.org/10.55813/egaea.l.114>
- Frangopoulos, T., Andreopoulos, D., Tsitlakidou, P., & Mourtzinis, I. (2020). Development of low fat: Low salt processed meat products. *Journal on Processing and Energy in Agriculture*, 24, 3-4. <https://doi.org/10.5937/jpea24-29762>
- Guamán-Rivera, S. A., & Flores-Manchano, C. I. (2023). Seguridad Alimentaria y Producción Agrícola Sostenible en Ecuador. *Revista Científica Zambos*, 2(1), 1-20. <https://doi.org/10.69484/rcz/v2/n1/35>
- Instituto Ecuatoriano de Normalización. (2012). *NTE INEN 1529-5: Control microbiológico de los alimentos*. INEN. <https://www.normalizacion.gob.ec/normas-oficializadas/>
- Instituto Ecuatoriano de Normalización. (2012). *NTE INEN 788: Productos cárnicos cocidos. Requisitos*. INEN. <https://www.normalizacion.gob.ec/normas-oficializadas/>

- Instituto Ecuatoriano de Normalización. (2013). *NTE INEN 778: Carne y productos cárnicos. Determinación de grasa.* INEN. <https://www.normalizacion.gob.ec/normas-oficializadas/>
- Instituto Ecuatoriano de Normalización. (2013). *NTE INEN 781: Carne y productos cárnicos. Determinación de proteína.* INEN. <https://www.normalizacion.gob.ec/normas-oficializadas/>
- Instituto Ecuatoriano de Normalización. (2013). *NTE INEN 783: Carne y productos cárnicos. Determinación de pH.* INEN. <https://www.normalizacion.gob.ec/normas-oficializadas/>
- Jiménez-Colmenero, F. (2007). Healthier lipid formulation approaches in meat-based functional foods. Technological options for replacement of meat fats by non-meat fats. *Trends in Food Science & Technology*, 18(11), 567–578. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2007.05.006>
- Koziol, M. J. (1992). Chemical composition and nutritional evaluation of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). *Journal of Food Composition and Analysis*, 5(1), 35–68. [https://doi.org/10.1016/0889-1575\(92\)90006-6](https://doi.org/10.1016/0889-1575(92)90006-6)
- López, D. N., Galante, M., Raimundo, J., Spelzini, D., & Boeris, V. (2019). Functional properties of amaranth, quinoa and chia proteins and the biological activities of their hydrolyzates. *Food Research International*, 116, 419–429. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2018.08.056>
- Ruiz Sánchez, C. I., Herrera-Feijoo, R. J., & Correa-Salgado, M. de L. (2024). *Fundamentos teóricos de química orgánica.* Editorial Grupo AEA. <https://doi.org/10.55813/egaea.l.79>