Fundación Universitaria San Mateo, Colombia ISSN-e: 2665-671X Periodicidad: Semestral
vol. 7, núm. 1, 2025

Desarrollo y elaboración de chorizo parrillero a base de carne de tilapia: una alternativa saludable y nutritiva

Development and Production of Grilled Tilapia Sausage: A Healthy and Nutritious Alternative

FERNANDO ARIEL ZAPATA UREY*
Universidad Privada del Valle
Bolivia

MARCO AURÉLIO FERREIRA**
Universidad Privada del Valle
Bolivia

FRANCISCO JOSÉ GALINDO BALDERRAMA***
Universidad Privada del Valle
Bolivia

TANIA OLGA NOGALES CABALLERO****
Universidad Privada del Valle
Bolivia

MÓNICA NATALI*****
Universidad Privada del Valle
Bolivia

*fzapatau@univalle.edu
https://orcid.org/0000-0002-3792-4966

**fm0029437@est.univalle.edu
https://orcid.org/0009-0008-3570-3861

***fgalindob@univalle.edu
https://orcid.org/0009-0005-8716-1775

****tnogalesc@univalle.edu
https://orcid.org/0009-0007-8660-8111

*****mnatali@univalle.edu
https://orcid.org/0000-0003-3326-7134

Fundación Universitaria San Mateo, Colombia ISSN-e: 2665-671X Periodicidad: Semestral
vol. 7, núm. 1, 2025

Artículo de investigación
Recepción: 4 de noviembre de 2024
Aceptación: 14 de abril de 2025

https://doi.org/10.52948/sosquua.v7i1.1166

Cómo citar este artículo:
Zapata, F., Ferreira, M., Galindo, F., Nogales, T. y Natali, M. (2025). Desarrollo y elaboración de chorizo parrillero a base de carne de tilapia: una alternativa saludable y nutritiva. *Sosquua, 7*(1), 1-27

Reconocimiento-SinObraDerivada 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND)

Resumen:

El presente estudio desarrolla y evalúa el proceso de elaboración de un chorizo parrillero elaborado a base de carne de tilapia (*Oreochromis niloticus*), con el objetivo de ofrecer una alternativa saludable y nutritiva frente a los embutidos tradicionales. La tilapia utilizada fue producida en un sistema de acuaponía, lo que permitió un aprovechamiento integral de la carne, usualmente descartada en procesos destinados a la obtención de piel para fines terapéuticos. El chorizo fue evaluado en tres formulaciones diferentes, variando en el contenido de condimentos y grasas. En este contexto la tercera muestra, que incluyó cebolla en polvo y esencia de humo, se destacó por su mejor aceptación sensorial en términos de color, textura, olor y sabor. Asimismo, se realizó un análisis nutricional teórico basado en la Tabla Boliviana de Composición de Alimento y otras bases de datos de análisis nutricional vigentes en el país, complementado con un análisis bromatológico que confirmó que el chorizo de tilapia ofrece un perfil proteico elevado (16.51%) y un contenido moderado de grasas (13.34%), con bajo aporte de carbohidratos (5.74%). Los resultados del análisis microbiológico indicaron que el producto cumple con las normativas bolivianas de seguridad alimentaria, con ausencia de microorganismos patógenos como *Salmonella spp.*, *Escherichia coli* y *Staphylococcus aureus*, esto asegura la inocuidad del chorizo, siempre y cuando se mantengan las buenas prácticas de manufactura. En resumen, se presenta como una alternativa viable y nutritiva en el mercado de embutidos, contribuyendo a la diversificación de productos derivados de la acuicultura en

Bolivia y promoviendo el consumo de proteína de pescado; el producto combina una formulación sensorialmente atractiva, con un perfil nutricional saludable, alineado con las tendencias actuales de alimentación equilibrada.

Palabras clave: chorizo de tilapia; acuaponía; análisis sensorial; análisis bromatológico; embutidos saludables; seguridad alimentaria.

Abstract:

This study develops and evaluates a grilled sausage (chorizo parrillero) made from tilapia (*Oreochromis niloticus*) with the aim of offering a healthier and more nutritious alternative to traditional sausages. The tilapia production was in an aquaponics system, allowing for the full utilization of fish meat, which is typically discarded in processes focused on skin extraction for therapeutic purposes. The sausage evaluation was in three different formulations, varying in seasoning and fat content. Sample 3, which included onion powder and smoke essence, stood out for its superior sensory acceptance in terms of color, texture, aroma, and flavor. A theoretical nutritional analysis based on Bolivian food composition tables, complemented by a bromatological analysis, confirmed that tilapia sausage offers a high protein content (16.51%) and moderate fat content (13.34%), with a low carbohydrate contribution (5.74%). Furthermore, the results of the microbiological analysis indicated that the product complies with Bolivian food safety regulations, showing the absence of pathogenic microorganisms such as *Salmonella spp.*, *Escherichia coli*, and *Staphylococcus aureus*. This ensures the safety of the sausage, as long as good manufacturing practices are maintained. The grilled tilapia sausage is presented as a viable and nutritious alternative in the sausage market, contributing to the diversification of aquaculture-based products in Bolivia and promoting the consumption of fish protein. This product combines an appealing sensory formulation with a healthy nutritional profile, aligning with current trends in balanced eating.

Keywords: Tilapia sausage; aquaponics; sensory analysis; bromatological analysis; healthy sausages; microbiological safety.

Introducción

Tilapia es el nombre común con el cual se conocen a diversas especies de los géneros *Oreochromis*; son peces de agua dulce endémicos y originarios de África y el Cercano Oriente. De ahí que, aprovechando sus características y adaptabilidad, a comienzos del siglo XIX se

iniciaron las investigaciones para utilizarlas en la piscicultura rural, especialmente en el Congo Belga (actualmente Zaire). A partir de 1924 se intensificó su cultivo en Kenia, sin embargo, fue en el Extremo Oriente (Malasia) en donde se obtuvieron los mejores resultados y se inició su progresivo cultivo en diferentes partes del mundo (Baltazar, 2007). La excelente calidad de su carne, su textura firme y coloración blanca con pocos huesos intramusculares, hace que sea un pescado apreciado y apetecido por los consumidores (Liñan, 2007).

Según datos proporcionados por la *Food and Agriculture Organization Of the United Nations* (FAO), se menciona que en Bolivia la piscicultura de repoblamiento con especies subtropicales y tropicales inició con la introducción de la carpa en 1962 a cargo de la Universidad Mayor de San Simón (UMSS) en el Departamento de Cochabamba. Alrededor de 1964 misiones evangelistas fueron responsables de la introducción de la tilapia nilótica (*Oreochromis niloticus*) y la tilapia mozambica en la región de los Yungas; mientras que en el año de 1990 la UMSS, con la cooperación de *United States Agency International Development* (USAID), inició el cultivo semi intensivo de la tilapia nilótica (Pulido, 2024).

En cuanto al desempeño del sector productivo de especies de peces tropicales como la tilapia, se puede mencionar desde el año 1992, donde se produjeron 51 toneladas (t). Al año 2004 que tuvo una producción de 70t, la producción creció en un 2.51% aproximadamente (FAO, 2024). Si bien las cantidades producidas son incipientes, a nivel país podemos evidenciar que la producción tuvo un ascenso continuo a lo largo de los años.

Bolivia forma parte de las tres principales cuencas hidrográficas de Sudamérica (del Altiplano, del Amazonas y de La Plata); juntas tienen las mayores reservas de agua dulce y, pese al alto potencial pesquero-acuícola en la Amazonia, el consumo actual de pescado en el país está entre 2.1 y cinco kilogramos (kg) per cápita/año, según informe de la FAO en el 2014. Este nivel de consumo está por debajo de lo recomendado por la Organización Mundial de la Salud (OMS) que es de 12kg per cápita (Instituto Boliviano de Comercio Exterior [IBCE], 2017); considerando los aspectos mencionados previamente, se puede establecer que la diversificación de productos derivados de diferentes especies de peces como la tilapia puede aumentar su valor añadido y ofrecer nuevas oportunidades de mercado, impulsando el consumo de esta proteína en formas distintas.

En este contexto, pensar en sistemas de producción acuícola eficientes debe constituirse en una prioridad para la obtención de materia prima de excelente calidad que será empleada posteriormente en la producción de embutidos (chorizo tipo parrillero). A partir de lo anterior, desde la gestión 2019 la Universidad Privada del Valle ha promovido una línea de investigación relacionada con la producción de tilapia plateada (*Oreochromis niloticus*), para la obtención de

su piel y emplearla posteriormente como tratamiento alternativo en quemaduras tipo dos y tres, por la cantidad de colágeno tipo I y III que presenta, ya que su principal función es mantener la estructura de los tejidos y mejorar la fuerza, resistencia y flexibilidad de los tejidos (Serrano, 2011).

En ese sentido, a efectos de cumplir con este proyecto se desarrolló un sistema de acuaponía en laboratorio que integró la acuicultura de recirculación y la hidroponía en un solo sistema de producción. En una unidad acuapónica, el agua del tanque de peces circula a través de filtros, camas de cultivo de plantas y luego regresa al tanque de peces (Somerville et al., 2014). En este contexto el sistema integra perfectamente la cría de peces con el cultivo de diferentes especies de hortalizas de hoja. Como el objetivo principal del proyecto se concentró en la extracción de la piel, la carne de la tilapia se constituía en un producto de descarte, lo que propicio el desarrollo de diferentes alternativas para su aprovechamiento.

Una de las opciones para el uso adecuado de la carne de tilapia producida bajo el sistema de acuaponía fue emplear esta materia prima en la elaboración de productos con valor agregado, como es el caso de los embutidos que forman parte de la industria de charcutería, que en términos sencillos se puede definir como carne picada, salada, condimentada y mezclada que se coloca dentro de una tripa animal la cual se divide y tuerce (Somana, 2021). En este sentido se vio por conveniente desarrollar un producto que cuente con características sensoriales, organolépticas y nutricionales adecuadas para el consumo masivo bajo la premisa de impulsar el consumo de carne de pescado, identificando al chorizo parrillero como una opción adecuada.

El chorizo es un embutido tipo crudo curado de origen español, cuya elaboración se ha extendido por todo el mundo; su formulación y procesamiento varía según el país, incluso en cada región (Cruz et al., 2018). Por otro lado el chorizo parrillero es una variante del tradicional, conocido por su sabor distintivo y popularidad en parrilladas, se constituye en una alternativa de generación de valor a la carne de tilapia fresca que puede llegar a tener gran aceptación en el mercado por su aporte nutricional y su sabor característico

En este contexto el presente estudio se centra en la elaboración de chorizo parrillero a base de carne de tilapia producida en un sistema intensivo de cría. Así, se establecieron características detalladas del proceso de producción, aporte nutricional, análisis de aceptación sensorial, análisis bromatológico y microbiológico de las muestras producidas.

Metodología

Para el desarrollo del proceso de producción de los chorizos parrilleros de tilapia se emplearon diferentes equipos, en función al requerimiento de las diferentes operaciones unitarios. La Tabla 1 muestra el detalle de equipos y materiales empleados en el presente trabajo:

Tabla 1

Equipos, materiales y reactivos empleados

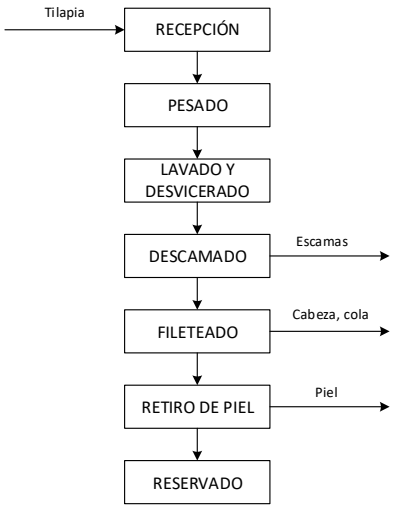
Equipos	Materiales
• Abatidor Afinox Faster 5, con capacidad de carga de 15kg, con temperatura de ultracongelación programada a -20°C. • Máquina moledora de carne inox. • Máquina selladora al vacío VSV-310, con capacidad de 4m3/h. • Sous vide SJ-9008, con rango de temperatura de 0 a 90 °C. • Refrigerador Mabe, modelo 294D1508G004.	• Cuchillos de diferentes tamaños. • Tablas para picar. • Bowls inox de diferentes tamaños. • Pinzas de desespinado. • Alcohol etílico 70%.

Elaboración y estandarización del producto

La elaboración del producto (chorizo de tilapia) se realizó en dos partes secuenciales. En la primera se preparó la proteína para su empleo en el embutido, tal como se describe en el diagrama de bloques descrita en Figura 1, mientras que el proceso de elaboración de chorizo se detalla en la Figura 2.

Figura 1

Preparación de la materia prima (proteína de pescado-tilapia plateada)



Sobre la recepción de materia prima este proceso se realizó con el fin de garantizar la calidad y frescura de la materia prima, empleando para ello tilapias sacrificadas en el momento. Después de ser retiradas de los tanques de cría con un peso promedio de 650g y un tiempo de vida de seis meses, se sumergieron las mismas en agua fría a una temperatura de 1 a 2°C por espacio de cinco a siete minutos hasta inactivar su actividad vital. Por otra parte, el siguiente paso fue el *pesado*: operación que consistió en determinar la masa unitaria de cada uno de los peces empleados para la producción. Luego pasamos al *lavado* y *desvicerado*: en este proceso se limpió cuidadosamente al pez con agua potable mientras se realizaba la extracción de sus vísceras y, de esta forma, retrasar el proceso de descomposición de tejido blando, garantizando la calidad del producto terminado.

El cuarto paso es el *descamado*: con la ayuda de un cuchillo afilado en esta actividad se retiraron todas las escamas del pescado para dejar limpia la piel. Quinto, el *fileteado*: empleando el mismo cuchillo del proceso previo el operario separó cuidadosamente la cabeza y la cola del resto del cuerpo del pez para posteriormente retirar la aleta dorsal y las ventrales, dejando completamente limpia la parte del tronco, retirando también las espinas para finalmente dividir la parte central en dos partes, consiguiendo así el par de filetes del pez con un peso aproximado de 150g cada uno. Sexto, *retiro de piel*: con la ayuda del cuchillo se separó cuidadosamente la piel del músculo dejando la materia prima lista para su transformación. Por último, el *reservado*: los filetes son colocados en bowls de inox y refrigerados a 4°C antes de su empleo. El proceso descrito previamente se puede visualizar en la Figura 2.

Figura 2

Proceso de acondicionamiento de la carne de tilapia

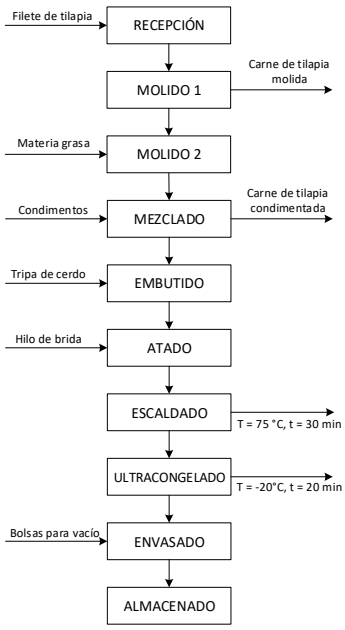
Recepción

Pesado

Lavado	Descamado
Fileteado	Retiro de piel y reservado

Figura 3

Producción de embutido tipo chorizo parrillero



Sobre la producción de embutido tipo chorizo parrillero, primero se realizó la recepción de materia prima: consistió en el retiro de almacén de los filetes de tilapia previamente refrigerados. Segundo, el molido 1: con ayuda de un molino de carne eléctrico se procedió a moler en primera instancia la proteína de tilapia, en un segundo proceso se realizó el molido de la materia grasa de forma independiente para conseguir una mezcla homogénea de la base del embutido. Tercero, el mezclado: aquí se incorporaron sal y las diferentes especias que caracterizarán el sabor final del embutido. Cuarto, el embutido: aprovechando el embudo del molino se procedió a incorporar la mezcla al interior de la tripa de cerdo. Quinto, el atado: con ayuda de un hilo de brida se ataron y separaron perfectamente los chorizos resultantes.

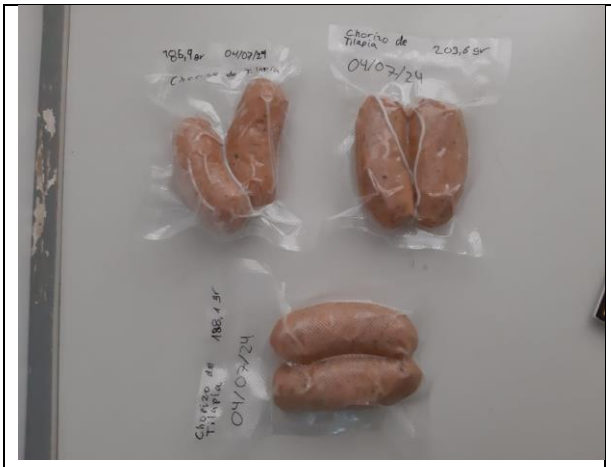
A su vez, se realiza el escaldado: teniendo los embutidos perfectamente armados se elabora el escaldado del producto a una temperatura de 75°C, por espacio de 30 minutos con ayuda de un *sous-vide* (en español, cocina al vacío). Uno de los pasos finales es el ultracongelado: con el fin de conservar adecuadamente las características nutricionales del producto, se hizo un choque térmico para bajar su temperatura del embutido de 75°C a -20°C en un tiempo promedio de 25 minutos, empleando para ello un abatidor Afinox Faster 5. Por último, el envasado al vacío: los embutidos congelados fueron envasados al vacío utilizando para ello una maquina selladora VSV-310 para posteriormente pesarlos, etiquetarlos y finalmente almacenarlos.

Figura 4

Proceso de elaboración del chorizo tipo parrillero de tilapia

Recepción	Molido 1 y 2

Mezclado	Embutido
Atado	Escaldado
Envasado al vacío	Ultracongelado

	
Almacenado	Almacenado

Todos los procesos descritos previamente se realizaron siguiendo tres formulaciones, presentadas en la Tabla 1.

Tabla 1

Formulación del chorizo de tilapia por muestra

Ingredientes	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3
	%	%	%
Filete de tilapia	76,54	71,44	71,43
Panceta de cerdo	20	25	25
Ajo	0,10	0,10	0,10
Pimienta	0,20	0,20	0,20
Paprika	0,00	0,10	0,10
Orégano	0,18	0,18	0,18
Ají dulce	0,70	0,70	0,70
Sal	1,30	1,30	1,30
Azúcar	0,70	0,70	0,70
Comino	0,18	0,18	0,18
Hinojo	0,10	0,00	0,00
Cebolla en polvo	0,00%	0,10	0,10
Esencia de humo	0,00	0,00	0,01
Total	**100,00**	**100,00**	**100,00**

Prueba sensorial

La prueba sensorial fue desarrollada en ambientes del laboratorio práctico de la carrera de gastronomía de la Universidad Privada del Valle (Tiquipaya, Bolivia). Para ello se contó con tres muestras de chorizo distintas, variando en su formulación (Tabla 1); cada una con un peso promedio de 80g y una temperatura de almacenaje de 6°C, sometidas a un proceso de cocción en fritura sobre una sartén metálica a una temperatura de 180°C.

Inicialmente, se cocinó el chorizo entero por alrededor de tres minutos por cada lado, para finalizar su cocción cortando por la mitad al producto (corte mariposa) hasta alcanzar una temperatura interna de 65°C internos. El proceso completo duro aproximadamente diez minutos, una vez finalizado el de cocción, se dosificaron porciones de 30 a 35g, ofrecidas a un total de 35 jueces no entrenados, hombres y mujeres de una edad comprendida entre 20 a 39 años, distribuyendo la actividad en dos jornadas.

Para el análisis de aceptabilidad de las muestras, se emplearon cinco variables de decisión, presentadas a los jueces con instrucciones de calificación y descripción básica de cada una de ellas, tal como se puede apreciar en la Tabla 2.

Tabla 1

Parámetros de análisis en la prueba sensorial

Aspecto	Descripción	Muestra 1 (puntuación 1-5)	Muestra 2 (puntuación 1-5)	Muestra 3 (puntuación 1-5)
Color	Color externo e interno del chorizo			
Textura	Firmeza, jugosidad, suavidad, etc.			
Olor	Aroma general del chorizo			
Sabor	Gusto general del chorizo			
Sabor a especias	Intensidad y equilibrio de las especias			
Aceptabilidad general	¿Volverías a consumir este producto?			

Las calificaciones para los parámetros de evaluación del producto “chorizo parrillero” están en una escala de uno a cinco, dónde:

5 = Muy agradable.

4 = Agradable.

3 = No me agrada ni me desagrada.

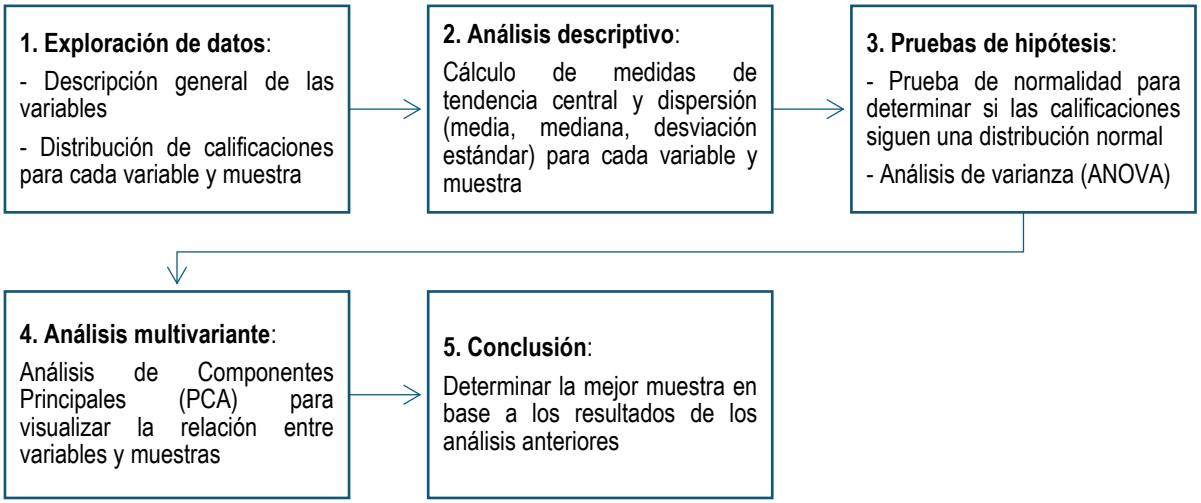
2 = Desagradable.

1 = Muy desagradable.

A partir de las anteriores variables se utilizó un enfoque estadístico descriptivo. Incluyó el cálculo de la media, mediana y la desviación estándar para cada variable y muestra, factor evaluado, estableciéndose el siguiente procedimiento de análisis experimental (Figura 5).

Figura 5

Metodología para el análisis experimental



Para el análisis estadístico realizado se utilizaron varias fórmulas y ecuaciones estadísticas. A continuación, se detallan las principales empleadas en cada etapa del análisis:

Medidas de tendencia central y dispersión

Media:

$$\bar{X} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} X_i \qquad (1)$$

Donde:

$\bar{X}$ es la media, n es el número de observaciones, y *Xi* son las calificaciones individuales.

Desviación estándar:

$$\delta = \sqrt{\frac{1}{n-1}\sum_{i=1}^{n}(x_i - \bar{x})^2} \qquad (2)$$

Donde:

δ es la desviación estándar, n es el número de observaciones, x_i son las calificaciones individuales, y $\bar{X}$ es la media.

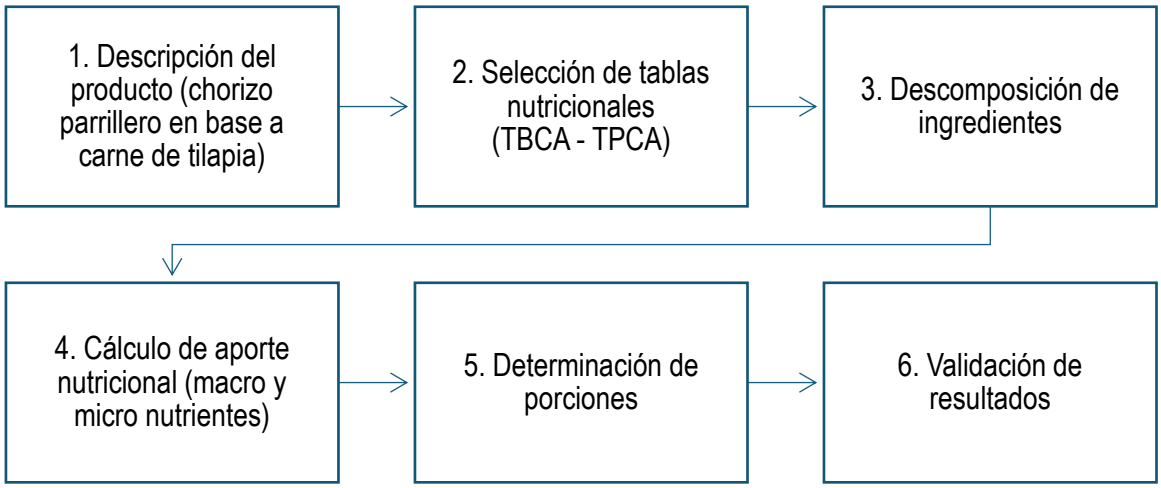
Adicionalmente el análisis estadístico incluyó pruebas de normalidad, empleando la prueba de Shapiro-Wilk, para determinar si el conjunto de datos a analizar sigue una distribución normal; así como pruebas no paramétricas como la de Kruskal Wallis para la determinación adecuada del p-valor.

Análisis nutricional teórico

A fin de tener un marco teórico referencial sobre las características nutricionales del producto, se realizó un análisis de macro y micronutrientes del alimento. Para ello, se emplearon tablas de composición de alimentos válidas para el país bajo el siguiente procedimiento (Figura 6).

Figura 6

Metodología de cálculo de valor nutricional



Nota. Tabla Boliviana de Composición de Alimentos (TBCA) y Tablas Peruanas de Composición de Alimentos (TPCA).

A partir de la figura anterior, en el cuarto proceso, para el cálculo de aporte nutricional se utilizó la siguiente fórmula:

$$Aporte\ nutricional = \sum (Aporte\ por\ 100\ g\ de\ ingrediente\ x\ Proporción\ del\ ingrediente)$$

Para asegurar la precisión de los datos, los resultados obtenidos mediante el análisis de tablas nutricionales serán validados con el análisis bromatológico del producto final. Esto permitirá corregir o ajustar los cálculos teóricos basados en tablas para reflejar las características específicas de la producción.

Análisis bromatológico

Considerando las Normas Bolivianas y los métodos oficiales del Codex Alimentarius para Análisis Proximal y Constituyentes Nutricionales para Alimentos y Bebidas, se realizaron pruebas de análisis bromatológico con las muestra de chorizo parrillero de tilapia, cuyo detalle se encuentra en la Tabla 3 y Figura 7, desarrollando las mencionadas pruebas en ambientes del laboratorio de química, de la Universidad Privada del Valle. Para esto se prepararon las muestras, manteniendo las mismas a una temperatura de 4°C hasta el momento del análisis, para evitar su descomposición.

Tabla 2

Análisis bromatológico

Parámetro	Unidad	Técnica	Norma
Humedad	%	Método de gravimetría	934.01 AOAC
Proteína	g	Método Kjeldahl	988.05 AOAC
Grasa	g	Método de gravimetría	920.39 AOAC
Cenizas	g	Método de gravimetría	942.05 AOAC
Hidratos de Carbono	g	Cálculo	TCAB. Bolivia
Fibra	g	Método de gravimetría	991.43 AOAC

Nota. Elaboración propia a partir de IBNORCA (2022).

Figura 7

Análisis bromatológico

Análisis de grasas

Análisis de proteína

Análisis de proteína

Nota. Análisis bromatológico de muestras de chorizo (2024).

Análisis microbiológico

La caracterización microbiológica del producto siguió los parámetros descritos en la Norma Boliviana NB 310017:2017 *Carnes y productos derivados - Requisitos microbiológicos (Tercera revisión)*, realizándose el estudio en ambientes del laboratorio de microbiología del Centro de Investigación, Interacción y desarrollo Industrial (CIIDI), de la Universidad Privada del Valle. La tabla siguiente detalla los parámetros e indicadores establecidos en la norma:

Tabla 4

Parámetros para análisis microbiológico

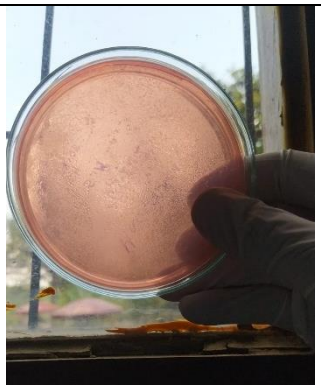
Análisis	**Límite de Referencia NB 310017:2017**	**Método de análisis - Norma de Referencia**
Recuento de aerobios mesófilos	1 x10^6 UFC/g	NB-32003:2003 NB-32016:2005
Recuento de mohos y levaduras	1 x10^4 UFC/g	NB-32006:2005

Escherichia Coli	1 x10^3 UFC/g	NB-32020:2005
Salmonella spp.	Ausencia	NB-6579:2008
Staphylococcus aureus	1 x10^2 UFC/g	AOAC,2003,7

Nota. Tomado de NB 310017:2017.

Figura 8

Desarrollo de análisis microbiológico

<table>
<tr><td> </td><td>  </td></tr>
<tr><td>Cultivo de muestras</td><td>Detección de coliformes totales</td></tr>
<tr><td> </td><td> </td></tr>
<tr><td>Detección de Salmonella Shigell</td><td>Detección de presencia de Staphylococcus</td></tr>
</table>

Resultados

Prueba sensorial

El resumen estadístico básico para cada variable (color, textura, olor y sabor) por muestra se presenta en la tabla siguiente.

Tabla 5

Descripción estadística por muestra

N.° de muestra	Color				Textura			
	mean	std	min	max	mean	std	min	max
1	4,26667	0,79881	3	5	4,00000	1,00000	2	5
2	4,33333	0,72375	3	5	4,33333	0,72375	3	5
3	4,66667	0,48795	4	5	4,60000	0,50709	4	5

N.° de muestra	Olor				Sabor			
	mean	std	min	max	mean	std	min	max
1	4,06667	1,03280	2	5	4,46667	1,24595	3	5
2	4,46667	0,74322	3	5	4,46667	0,51640	4	5
3	4,80000	0,56061	3	5	4,60000	0,63246	3	5

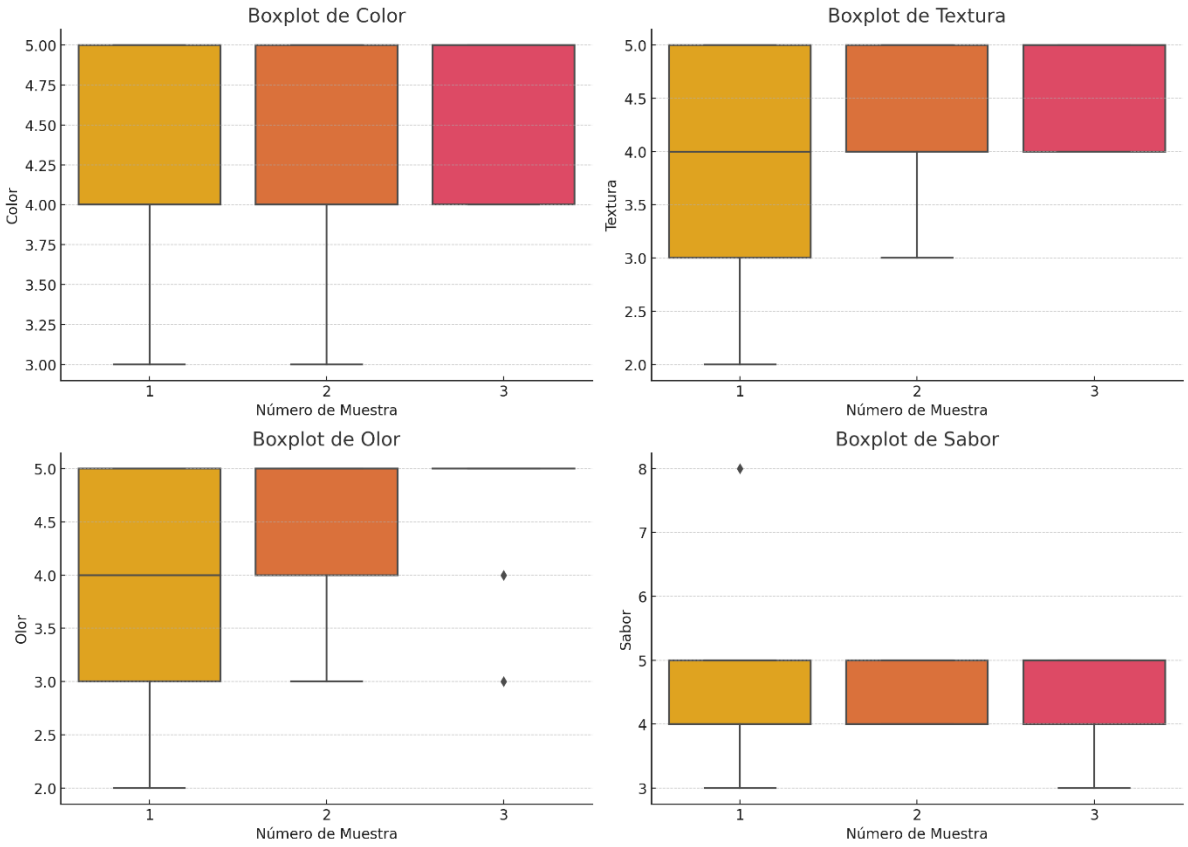
Nota. Análisis estadístico descriptivo (Phyton, 2024).

Como se aprecia en la Tabla 5, la muestra tres presenta las mejores calificaciones en las cuatro variables analizadas, con la menor dispersión de los datos según la desviación estándar calculada (std). Por el contrario, se puede notar que la muestra 1 presenta una variación en cuanto a las opiniones de los jueces sobre las variables sabor y olor, obteniéndose desviaciones estándar de 1.25 y 1.03 respectivamente. En cuanto al análisis de medias se puede observar que la muestra 3 presenta la más alta de todas las muestras en la variable *olor*, con un valor de 4.8.

Con el objetivo de visualizar la distribución de las calificaciones de cada muestra, permitiendo identificar la mediana, el rango intercuartílico (IQR) y posibles valores atípicos, se han graficado los *boxplots* (en español, diagrama de caja) para cada variable, tal como se observa en la Figura 9.

Figura 9

Boxplot de variables de análisis sensorial



Nota. Análisis estadístico (Phyton, 2024).

La muestra 3 es consistentemente la mejor valorada en términos de color, textura, olor y sabor, con calificaciones más altas y consistentes que las otras muestras, tal como se aprecia en el gráfico anterior. Para verificar si existen diferencias significativas en las variables definidas para las muestras establecidas se ha realizado un análisis de la varianza (ANOVA) cuyos resultados se presentan en la tabla siguiente.

Tabla 6

Resultados del análisis ANOVA

Parámetro	F-value	p-value
Color	1,47619	0,24012
Textura	2,28342	0,11445
Olor	3,13793	0,05369
Sabor	0,12017	0,88707

Nota. Análisis estadístico (Phyton, 2024).

Como se aprecia en la Tabla 7 los resultados indican que, con excepción de la variable olor, no hay diferencias estadísticamente significativas entre las muestras para las variables evaluadas. Sin embargo, el *p-value* para olor está muy cerca del umbral común de 0.05, lo que sugiere que podría haber una diferencia entre las muestras. En este sentido se realizó una prueba *post-hoc* empleando la prueba de Tukey para la variable *olor*, dado su *p-value* cercano al 0.05, para identificar entre qué muestras podría existir una diferencia significativa. Cabe mencionar que para las demás variables no es necesario realizar pruebas post-hoc, al no encontrarse diferencias significativas. Los resultados de la prueba de Tukey se presentan en la Tabla 7.

Tabla 7

Comparación de medias (Prueba Tukey HSD)

Group 1	Group 2	meandiff	p-adj	lower	upper	Reject
1	2	0,4	0,3461	-0,264	1,0641	False
1	3	0,7333	0,0395	0,069	1,3977	True
2	3	0,3333	0,4325	-0,3307	0,9974	False

Nota. Análisis estadístico (Phyton, 2024).

Ahora bien, considerando los resultados de todas las variables y pruebas, la *muestra 3* tiende a ser la mejor opción en términos de las calificaciones sensoriales evaluadas. La única diferencia significativa encontrada fue en el olor, donde la muestra 3 se destacó sobre la primera**.**

Análisis nutricional teórico

A partir de los valores teóricos aportados por diferentes fuentes y bases de datos empleados para el cálculo nutricional de alimentos vigentes en Bolivia, como TBCA, se pudo obtener los siguientes resultados de macronutrientes para el producto chorizo parrillero en base a carne de tilapia.

Tabla 8

Análisis nutricional teórico (determinación de macro nutrientes)

Fuente	Ingrediente	Porcentaje	%	Cantidad	g	Kcal	Proteínas (g)	Grasas (g)	Carbohidratos (g)
T.P.C.A.	Filete de Tilapia	71,43	%	64,29	g	86	18,1	1,5	0
T.B.C.A	Tocino	25	%	22,5	g	161,77	0,77	18	4,57
T.B.C.A	Ajo	0,1	%	0,09	g	0,14	0,01	0	0,03

Fitia	Pimienta	0,2	%	0,18	g	0,54	0,02	0	0,11
Fitia	Paprika	0,1	%	0,09	g	0,27	0,01	0,01	0,05
Fitia	Orégano	0,18	%	0,16	g	0,49	0,02	0	0,11
T.B.C.A	Ají Dulce	0,7	%	0,63	g	2,38	0,06	0,02	0,49
Ayudiet	Sal	1,3	%	1,17	g	0	0	0	0
T.B.C.A	Azúcar	0,7	%	0,63	g	2,51	0	0	0,63
Fitia	Comino	0,18	%	0,16	g	0,64	0,03	0,03	0,06
T.B.C.A	Cebolla	0,1	%	0,09	g	0,04	0	0	0
	Esencia de Humo	0,01	%	0,01	g	0	0	0	0
	Total	**100**	**%**	**90**	**g**	**254,78**	**19,02**	**19,56**	**6,05**

Nota. Elaboración propia a partir del Centro Nacional de Alimentación y Nutrición (CENAN, 2018) y Ayudiet (s.f.).

El análisis del perfil nutricional del chorizo elaborado en base a carne de tilapia, según se observa en la tabla anterior, revela varias características clave que deben considerarse tanto desde una perspectiva de salud como desde un enfoque culinario y de innovación alimentaria. En este contexto el filete de tilapia que constituye el 71.43% de la mezcla del chorizo, se constituye en la fuente predominante de proteínas. Este dato permite asumir que el producto cuenta con un nivel proteico de alta calidad, ya que la tilapia es una fuente magra de proteínas con bajo contenido gras. Por otro lado la ausencia de carbohidratos en el filete de tilapia refuerza su utilidad para dietas enfocadas en el control glucémico o el manejo de peso.

Desde el punto de vista nutricional, el uso de tilapia como ingrediente principal aporta un perfil lipídico saludable, con niveles mínimos de grasa saturada, lo que puede contribuir a la reducción de riesgos cardiovasculares. Su bajo aporte calórico, 86 kilocaloría (Kcal), en comparación con su contenido proteico lo convierte en un ingrediente atractivo para la formulación de embutidos saludable. Es necesario mencionar que si bien se realizó un perfil nutricional teórico para el chorizo de tilapia, es necesario confirmar estos datos con un análisis nutricional a una muestra del producto.

Análisis bromatológico

Los resultados del análisis bromatológico para los chorizos de tilapia con la formulación de la muestra 3 se detallan en la tabla siguiente.

Tabla 9

Resultados del análisis Bromatológico

Componente	Porcentaje (%)	Cantidad (g) en 25 g
Humedad	60,82	15,21
Proteína	16,51	4,13
Grasa	13,34	3,34
Cenizas	2,64	0,66
Fibra Cruda	0,95	0,24
Carbohidratos	5,74	1,44

Según los resultados presentados en la Tabla 9 se puede establecer que el contenido proteico del producto es alto, destacando el valor nutricional del chorizo, gracias a que la tilapia es una fuente importante de proteínas de alto valor biológico y el resultado refleja que se ha mantenido una buena proporción de este macronutriente. Por otra parte, la cantidad de grasa está dentro de los rangos típicos de productos embutidos, lo que aportará sabor y jugosidad. Sin embargo, su control es importante para evitar un exceso de grasa saturada.

Los carbohidratos, al igual que las grasas y proteínas, son una fuente importante de energía, cada gramo de carbohidratos aporta 4Kcal. Entonces, en una porción de 25g de chorizo, el contenido de carbohidratos es aproximadamente 1.435g (5.74% de 25g), lo que corresponde a aproximadamente 5.74Kcal. Aunque los embutidos no son típicamente altos en carbohidratos, este valor indica la presencia de ingredientes que aportan carbohidratos, como condimentos o especias utilizadas en la preparación.

Análisis microbiológico

En la Tabla 10 se presentan los resultados del análisis microbiológico del chorizo parrillero de carne de tilapia, realizado en los laboratorios de microbiología del CIIDI, comparados con la Norma Boliviana NB 310017:2017.

Tabla 10

Resultados del análisis microbiológico

Análisis	Resultado	Límite de referencia NB 310017:2017	Método de análisis - Norma de referencia
Recuento de aerobios mesófilos	1,12x10^4 UFC/g	1 x10^6 UFC/g	NB-32003:2003 NB-32016:2005
Recuento de mohos y levaduras	Ausente	1 x10^4 UFC/g	NB-32006:2005
Escherichia Coli	Ausente	1 x10^3 UFC/g	NB-32020:2005

Salmonella spp.	Ausente	Ausencia	NB-6579:2008
Staphylococcus aureus	Ausente	1 x10^2 UFC/g	AOAC,2003,7

Nota. Resultados de análisis microbiológico (2024).

Según se puede observar en la tabla, la muestra de chorizo de tilapia cumple con los criterios de seguridad microbiológica establecidos por la Norma Boliviana NB 310017.2017. No se detectaron niveles peligrosos de microorganismos patógenos ni indicadores de mala higiene, lo que confirma que el producto es apto para el consumo humano bajo las condiciones analizadas. Asimismo, el recuento de aerobio mesófilos está dentro de los límites permisibles según la normativa NB-32003:2003 y NB-32016:2005, lo que indica una carga bacteriana aceptable y adecuada higiene durante la producción.

Se recomienda mantener las buenas prácticas de manufactura y procedimientos de higiene estrictos para asegurar que los productos continúen cumpliendo con los estándares microbiológicos. Por otra parte, la ausencia de *Escherichia coli* y *Salmonella* sugiere que no hubo contaminación fecal ni presencia de patógenos peligrosos, lo que refleja buenas prácticas de manipulación de los ingredientes.

Discusión

Prueba sensorial

La evaluación sensorial de las tres muestras de chorizo parrillero a base de carne de tilapia reveló diferencias poco significativas en la percepción de los jueces en cuanto a color, textura, olor y sabor. Sin embargo, la muestra 3 destacó en casi todas las variables evaluadas, presentando las puntuaciones más altas y consistentes, como se puede observar en los análisis estadísticos descriptivos y gráficos (*boxplots*) elaborados. Por otro lado, el ANOVA realizado mostró que, aunque no hubo diferencias estadísticamente significativas en la mayoría de las variables, la variable *olor* presentó un valor "*p*" cercano a 0.05, lo que indica una posible diferencia significativa, confirmada en la prueba *post-hoc* de Tukey, que reveló que la muestra 3 era significativamente mejor en cuanto a olor en comparación, por ejemplo, con la muestra 1. Esto indica que los ingredientes adicionales aportaron una complejidad aromática percibida de manera positiva por los evaluadores, lo cual sugiere que pequeñas modificaciones en la formulación pueden mejorar notablemente la percepción sensorial del producto.

Estos resultados sugieren que la muestra 3, que incluye una formulación con cebolla en polvo y esencia de humo, pudo haber mejorado la percepción general de los jueces debido a la complejidad y equilibrio de sabores aportados por estos ingredientes adicionales. Además, la baja desviación estándar en las calificaciones de esta muestra indica una mayor homogeneidad en las percepciones de los evaluadores, lo cual es deseable en productos alimenticios de consumo masivo.

Análisis nutricional teórico y análisis bromatológico

Al comparar los resultados del análisis bromatológico con el análisis nutricional teórico se observa una concordancia entre ambos. Sin embargo, es necesario puntualizar que el análisis teórico se basó en una cantidad equivalente a 90g de chorizo parrillero de tilapia, mientras que el análisis bromatológico consideró una base estándar de 100g para facilitar la comparación con otros productos alimenticios.

El aporte de proteína calculado de forma teórica fue de 19.02g por cada 90g de producto, lo que equivale aproximadamente a 21.13g de proteína por cada 100g de chorizo. Si se extrapola este valor es consistente con el resultado bromatológico de 16.51g de proteína por cada 100g de producto, lo que valida el uso de las tablas de composición de alimentos para prever el valor nutricional de este tipo de alimentos.

En cuanto al contenido de grasa, el análisis teórico estimó 19.56 g de grasa por cada 90g de producto. Esto se traduce en 21.73g por cada 100g, mientras que el análisis bromatológico reportó un contenido de 13.34g de grasa por cada 100g. Esta discrepancia establece que la cantidad de grasa en el producto final es menor que la estimada en teoría, esto debido probablemente al proceso de preparación o ultracongelación, que podría afectar el contenido final de grasa disponible para el análisis. Por otro lado, el contenido de carbohidratos (5.74%) y fibra cruda (0.95%) indica la presencia de ingredientes adicionales, como especias y condimentos, que también aportan valor nutritivo sin comprometer la baja cantidad de carbohidratos del producto.

Estas pequeñas diferencias entre los análisis no comprometen el perfil nutricional saludable del chorizo, pero resaltan la importancia de validar los cálculos teóricos con análisis bromatológicos para reflejar de manera precisa las características nutricionales finales del producto.

Análisis microbiológico

El análisis microbiológico realizado al chorizo parrillero de tilapia con la formulación de la muestra 3 cumple con los requisitos establecidos por la Norma Boliviana NB 310017:2017 para productos cárnicos. La ausencia de patógenos como *Salmonella spp.* y *Escherichia coli*, así como de *Staphylococcus aureus*, confirma que el proceso de producción ha sido ejecutado bajo estrictas condiciones de higiene, lo cual es fundamental para garantizar la seguridad alimentaria del producto.

El recuento de aerobios mesófilos ($1{,}12x10^4$ UFC/g) se encuentra por debajo del límite permisible de $1x10^6$ UFC/g, lo que indica que la carga bacteriana es aceptable y no compromete la seguridad del producto. Este resultado sugiere que el manejo adecuado durante el procesamiento, especialmente en etapas críticas como el escaldado y el ultracongelado, ha sido efectivo para minimizar la proliferación de microorganismos no deseados; asimismo, la ausencia de mohos y levaduras es otro indicador positivo, pues estos microorganismos suelen proliferar en ambientes con humedad inadecuada o manejo deficiente.

Es importante resaltar que, a pesar de la buena higiene observada en el proceso es esencial mantener estrictos controles para reducir la carga microbiana. Lo anterior es fundamental no solo para cumplir con las normativas vigentes, sino también para prolongar la vida útil del producto.

Conclusiones

El desarrollo del chorizo parrillero a base de carne de tilapia representa una alternativa viable y saludable a los embutidos tradicionales, con un perfil nutricional que se alinea con las tendencias actuales hacia el consumo de productos más bajos en grasas saturadas y con un alto contenido proteico. La muestra 3, en particular, demostró ser la formulación más aceptada sensorialmente, destacando en color, textura, olor y sabor; además de ser la preferida por los jueces en la prueba sensorial.

El análisis bromatológico realizado a esta muestra confirma su alto contenido proteico (16.51%) y una cantidad moderada de grasas (13.34%), lo que respalda su valor nutricional, especialmente para consumidores que buscan productos más saludables y equilibrados. Asimismo, su bajo contenido en carbohidratos y fibra cruda contribuye a posicionar este chorizo como un embutido adecuado para quienes buscan reducir la ingesta de carbohidratos en su dieta.

Desde el punto de vista microbiológico, los resultados obtenidos cumplen con las normativas bolivianas vigentes, destacando la ausencia de patógenos peligrosos como

Salmonella spp., Escherichia coli y *Staphylococcus aureus*. Dichos hallazgos refuerzan el criterio de calidad y seguridad del producto para el consumo humano, siempre y cuando se mantengan las prácticas adecuadas de manufactura y los controles higiénicos durante todo el proceso de producción.

Por tanto, el chorizo parrillero de tilapia no solo ofrece una alternativa nutritiva y segura; también contribuye a la diversificación de productos acuícolas en Bolivia, favoreciendo el aprovechamiento integral de la tilapia, un recurso con gran potencial. En este contexto este producto puede satisfacer las demandas actuales del mercado por alimentos más saludables y sostenibles, abriendo nuevas oportunidades para la industria alimentaria y promoviendo el consumo de carne de pescado en la dieta diaria.

Referencias

Ayudiet. (s.f.). Tabla boliviana de composición química de los alimentos en Bolivia.

Baltazar, P. (2007). La Tilapia en el Perú: acuicultura, mercado, y perspectivas. *Revista Peruana de Biología, 13*(3), 267-273. http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1727-99332007000100022&lng=es&tlng=es

Camburn, M. (2011). *El consumo de pescado en la Amazonía Boliviana*. FAO.

CENAN. (2018). *Tablas peruanas de composición de alimentos*. Ministerio de Salud del Perú.

Cruz-Bacab, L., Baeza-Mendoza, L., Pérez-Robles, L. y Martínez-Molina, I. (2018). Evaluación sensorial de embutido tipo chorizo a base de carne de conejo. *Abanico Veterinario, 8*(1), 102-111.

Fitia. (s.f.). *Pimienta*. https://fitia.app/es/calorias-informacion-nutricional/pimienta-15884/

IBNORCA. (2022). *Carnes y productos derivados - Requisitos microbiológicos (Tercera revisión) (Anula y reemplaza a la norma NB 310017:2014)* (Norma núm. NB 310017:2017). https://www.ibnorca.org/normalizacion/ics/ics6712010

IBCE. (2017). *Bajo consumo a pesar del potencial acuícola.* https://ibce.org.bo/principales-noticias-bolivia/noticias-nacionales-detalle.php?id=77992&

Liñan, W. (2007). *Crianza de Tilapia* (1ª Ed.). Editorial MACRO.

Pulido, R. (2024). *Pesca y acuicultura*. FAO. https://www.fao.org/fishery/es/countrysector/bo/es

Serrano, J. (2011). *Estandarización de un proceso de extracción de colágeno a partir de los residuos de fileteo de tilapia (Oreochromissp) y cachama (Piaractusbrachypomus)*

[Tesis de maestría, Universidad Nacional de Colombia]. Repositorio institucional UNAL. https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/8297

Somana, M. (2021). *La Charcutería.* Trayecto Comunicaciones.

Somerville, C., Cohen, M., Pantanella, E., Stankus, A. & Lovatelli, A. (2014). *Small-scale Acuaponic Food Production Integrated Fish and Plant Farming.* FAO.