

Aplicación de nisina y lactobacillus plantarum como bioconservantes en salchicha a partir de dos especies de pescados: tilapia (*Areochromis niloticus*) y paiche (*Arapaima gigas*)

Application of nisin and lactobacillus plantarum as biopreservatives in sausage from two species of fish: tilapia (*Areochromis niloticus*) and paiche (*Arapaima gigas*)

Juan Alejandro NEIRA MOSQUERA^{1,2}, Jonathan Alberto GUAYAN PATIÑO¹, Sungey Naynee SÁNCHEZ LLAGUNO², Naga RAJU MADDELA³, Karol Yannela REVILLA ESCOBAR^{4,5}, Jhonnatan Placido ALDAS MOREJON⁵

1 Facultad de Ciencias de la Industria y Producción, Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Quevedo, Ecuador.

2 Universidad de las Fuerzas Armadas-ESPE, Departamento de Ciencias de la Vida y la Agricultura. Sangolquí, Ecuador.

3 Departamento de Ciencias Biológicas, Facultad de Ciencias de la Salud, Universidad Técnica de Manabí.

4 Carrera de Agroindustrias, Pontificia Universidad Católica del Ecuador, SEDE Esmeraldas, Esmeraldas, Ecuador.

5 Facultad de Ciencias Aplicadas a la Industria, Universidad Nacional de Cuyo, San Rafael, Argentina.

Recibido: 22/octubre/2024. Aceptado: 16/diciembre/2024.

RESUMEN

Introducción: La producción de salchichas de pescado enfrenta retos microbiológicos y de estabilidad. Estos desafíos son cruciales debido a las crecientes preocupaciones sobre la seguridad alimentaria.

Objetivo: Evaluar la aplicación de nisina y lactobacillus plantarum como bioconservantes en salchicha a partir de dos especies de pescados: tilapia (*Areochromis niloticus*) y paiche (*Arapaima gigas*).

Métodos: Se utilizó un diseño completamente al azar (DCA) con arreglo factorial A*B, donde el Factor A corresponde a los bioconservantes y el Factor B a las especies de pescado. Para determinar diferencias en las medias de los tratamientos, se aplicó la prueba de rangos múltiples de Tukey ($p < 0.05$). Se evaluaron características fisicoquímicas (pH, humedad, ceniza, proteína y grasa) y la calidad microbiológica del producto final.

Resultados: En cuanto a la caracterización fisicoquímica, se observó una diferencia significativa ($p < 0,05$) en función de la especie de pescado y el tipo de bioconservante utilizado. Los valores de pH se encontraron entre 5,50 y 6,81. Además, al incorporar *Lactobacillus plantarum*, se registró una reducción en los contenidos de humedad y ceniza, alcanzando valores de 19,30% y 2,01%, respectivamente. Por otro lado, el contenido de grasa y proteína estuvo influenciada por la especie utilizada, determinando que las muestras que se empleó *Oreochromis niloticus* mostraron un mayor contenido de proteína (10,55% - 11,90%) y grasa (15,15%). En relación a la calidad microbiológica, tanto la nisina como *Lactobacillus plantarum* inhibieron significativamente los microorganismos patógenos en comparación con las muestras sin bioconservantes.

Conclusiones: El tipo de pescado y los bioconservantes impactan significativamente la calidad de los embutidos. Los elaborados con *Oreochromis niloticus* sin bioconservantes presentaron pH y humedad elevados, mientras que *Lactobacillus plantarum* y nisina mejoraron la estabilidad del producto. La tilapia mostró mayor contenido proteico y graso que el paiche, y ambos bioconservantes inhibieron el crecimiento bacteriano.

Correspondencia:

Karol Yannela Revilla Escobar
kyrevilla@pucese.edu.ec

PALABRAS CLAVE

Alimentos funcionales, calidad microbiológica, embutidos, innovación proteica, tecnología alimentaria.

ABSTRACT

Introduction: The production of fish sausages faces microbiological and stability challenges. These challenges are crucial due to increasing concerns about food safety

Objective: To evaluate the application of nisin and *Lactobacillus plantarum* as biopreservatives in sausage from two fish species: tilapia (*Oreochromis niloticus*) and paiche (*Arapaima gigas*).

Methods: A completely randomized design (CRD) with an A*B factorial arrangement was used, where Factor A corresponds to the biopreservatives and Factor B to the fish species. To determine differences in the treatment means, Tukey's multiple range test was applied ($p < 0.05$). Physicochemical characteristics (pH, moisture, ash, protein, and fat) and the microbiological quality of the final product were evaluated.

Results: Regarding the physicochemical characterization, a significant difference ($p < 0.05$) was observed depending on the fish species and the type of biopreservative used. The pH values were between 5.50 and 6.81. In addition, by incorporating *Lactobacillus plantarum*, a reduction in moisture and ash content was recorded, reaching values of 19.30% and 2.01%, respectively. On the other hand, the fat and protein content was influenced by the species used, determining that the samples in which *Oreochromis niloticus* was used showed a higher protein content (10.55% - 11.90%) and fat (15.15%). In relation to microbiological quality, both nisin and *Lactobacillus plantarum* significantly inhibited pathogenic microorganisms compared to samples without biopreservatives.

Conclusions: Fish type and biopreservatives significantly impact sausage quality. Sausages made with *Oreochromis niloticus* without biopreservatives had high pH and moisture, while *Lactobacillus plantarum* and nisin improved product stability. Tilapia had higher protein and fat content than paiche, and both biopreservatives inhibited bacterial growth.

KEY WORDS

Functional foods, microbiological quality, sausages, protein innovation, food technology.

INTRODUCCIÓN

La elaboración de salchichas de pescado enfrenta desafíos específicos relacionados con la microbiología y la estabilidad del producto. Estos retos requieren atención particular, dado que la seguridad alimentaria es una preocupación creciente entre los consumidores. La incorporación de bioconservantes emerge como una solución efectiva para mitigar estos problemas, con-

tribuyendo a la seguridad y calidad del producto final¹. A medida que los consumidores se muestran cada vez más reacios a los aditivos químicos, el campo de la bioconservación ha ganado impulso, promoviendo estudios sobre el uso de bacterias beneficiosas y sus metabolitos como antimicrobianos naturales. Este enfoque no solo extiende la vida útil de los alimentos, sino que también mejora la seguridad alimentaria².

Tradicionalmente, los compuestos sintéticos han sido utilizados como conservantes para prolongar la vida útil de los productos alimenticios. Sin embargo, estos aditivos están sujetos a estrictas regulaciones debido a preocupaciones sobre su toxicidad y efectos adversos en la salud³. Ante la creciente demanda de alimentos seguros y de alta calidad, es crucial explorar alternativas efectivas y no tóxicas para frenar el deterioro. Los conservantes naturales ofrecen ventajas significativas, como baja toxicidad ambiental, alta solubilidad en agua, estabilidad térmica y un amplio espectro antimicrobiano⁴. En este contexto, los bioconservantes han surgido como una opción prometedora para prolongar la vida útil de los productos cárnicos, reduciendo así la necesidad de conservantes sintéticos⁵.

La bioconservación es una técnica que permite extender la vida útil de los alimentos mediante el uso de microbiota natural o controlada, así como de antimicrobianos⁶. Este proceso implica la selección de productos de fermentación y bacterias beneficiosas para controlar el deterioro y desactivar patógenos⁷. Entre los organismos de interés, las bacterias del ácido láctico (BAL) y sus metabolitos juegan un papel crucial en esta técnica, ofreciendo soluciones eficaces para la conservación de alimentos⁵.

Un ejemplo notable es la nisina, un péptido antimicrobiano producido por *Lactococcus lactis*, que ha demostrado eficacia en la inhibición del crecimiento de microorganismos patógenos y de deterioro en salchichas frescas⁸. Este compuesto no solo facilita el control de las bacterias responsables del deterioro, sino que también preserva las características sensoriales del alimento. Es importante mencionar que la concentración máxima aprobada de nisina en embutidos no debe superar los 276 ppm en el producto terminado⁹.

Por otro lado, *Lactobacillus plantarum* es una de las bacterias lácticas más utilizadas en la producción de productos cárnicos y vegetales fermentados. Se han identificado varias bacteriocinas producidas por *L. plantarum*, entre ellas plantaricina A, B y C, así como otras variantes¹⁰. Además, el uso de pescado en la elaboración de embutidos, especialmente en forma de salchichas, representa una alternativa nutritiva y rica en proteínas¹¹. Las especies de tilapia (*Oreochromis niloticus*) y paiche (*Arapaima gigas*) destacan por su alta disponibilidad y valor nutricional, convirtiéndolas en materias primas ideales para la producción de estos productos cárnicos.

La tilapia (*O. niloticus*) es uno de los peces de agua dulce más cultivados en el mundo, particularmente en Asia y América

Latina, debido a su fácil cultivo, rápida tasa de crecimiento y alto valor nutricional. En 2023, la producción global de tilapia superó los 4,2 millones de toneladas, representando el 8% de la producción total de acuicultura mundial; de esta cantidad, más de 1,6 millones de toneladas se produjeron en China¹². Por su parte, el paiche (*A. gigas*), una de las especies de peces de agua dulce más grandes del mundo, tiene una distribución natural que abarca varios países sudamericanos y posee un gran valor cultural e histórico para la región amazónica⁶.

En este contexto, la presente investigación tiene como objetivo evaluar la aplicación de nisina y *Lactobacillus plantarum* como bioconservantes en la elaboración de salchichas a partir de las especies de pescado tilapia (*Oreochromis niloticus*) y paiche (*Arapaima gigas*).

MATERIALES Y MÉTODOS

Materia prima

Las materias primas utilizadas en esta investigación fueron seleccionadas de diversas localidades ecuatorianas. La tilapia (*Oreochromis niloticus*) se adquirió en el mercado de mariscos del cantón Quevedo, en la provincia de Los Ríos, mientras que el paiche (*Arapaima gigas*) provino de la Asociación de Paiche "ASOARAPAIMA", ubicada en el cantón Lago Agrio, en Sucumbíos. Por otro lado, la nisina y *Lactobacillus plantarum* fueron obtenidos de la Universidad de las Fuerzas Armadas (ESPE), situada en el kilómetro 24 de la vía Santo Domingo.

El desarrollo del estudio se estructuró en dos fases. La primera consistió en la elaboración de las salchichas, que se llevó a cabo en las instalaciones de la Universidad de las Fuerzas Armadas (ESPE). La segunda fase incluyó los análisis microbiológicos y fisicoquímicos, realizados en los laboratorios de química y bromatología del Campus "La María" de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, ubicada en el cantón Mocache, kilómetro 7 de la vía Quevedo – El Empalme.

Análisis estadístico

Se empleó un diseño completamente al azar (DCA) con arreglo factorial A*B siendo: Factor A = Tipos de bioconservantes (Nisina; *Lactobacillus plantarum* y sin bioconservantes) y Factor B = Tipos de pescados (tilapia (*O. niloticus*) y paiche (*A. gigas*)) con tres repeticiones. Para el análisis estadístico, se utilizó la prueba de Tukey con un nivel de significancia de ($p \leq 0.05$), empleando los softwares estadísticos "STATGRAPHICS" y "STATISTICA" para procesar los datos obtenidos.

Manejo experimental

Se receptaron las carnes de pescado de las especies de la tilapia y paiche, junto con la grasa de cerdo, que debe ser consistente y sustanciosa. Además, se pesaron los ingredientes necesarios para la elaboración, como se detalla en la ta-

Tabla 1. Combinación de los Tratamientos que interviene en la elaboración de salchicha

N.º	DESCRIPCIÓN
T1	Nisina + Tilapia
T2	Nisina + Paiche
T3	<i>Lactobacillus plantarum</i> + Tilapia
T4	<i>Lactobacillus plantarum</i> + Paiche
T5	Sin bioconservantes + Tilapia
T6	Sin bioconservantes + Paiche

bla 2. Una vez pesado, se cortaron la carne de pescado en trozos de 15 mm y la grasa de cerdo en cubos de 20 mm. En la fase de cuterado o mezclado, se añadieron los ingredientes de manera gradual hasta lograr una masa homogénea. Posteriormente, esta mezcla se embutió en tripa angosta (artificial) de 30 mm. A continuación, se inicia el proceso de escaldado, que se realiza en una olla o tina de cocción de acero inoxidable durante 5 minutos a 90 °C, asegurando que la temperatura interna de la salchicha alcance los 75 °C. Transcurrido el tiempo de cocción las salchichas son enfriadas por 3 min a 24 °C. Finalmente las salchichas son empacadas al vacío y conservadas en temperaturas <10°C.

Tabla 2. Ingredientes empleados en la formulación de la elaboración de la salchicha a base carne de pescado tilapia (*O. niloticus*) y paiche (*A. gigas*)

Ingredientes	Cantidad (g)
Carne de pescado	300
Grasa de cerdo	96
Proteína de soja	18
Hielo	144
Sal nitrito	1,80
Tripolifosfato	1,20
Glutamato monosódico	1
Sal de mesa	6
Ácido ascórbico	1,20
Almidón de maíz	37,80
Humo líquido	0,80
Condimento de salchicha	7,80

Caracterización fisicoquímica de la salchicha a partir de dos especies de pescados: tilapia (*Oreochromis niloticus*) y paiche (*Arapaimas gigas*) y distintos bioconservantes

Los contenidos de humedad, ceniza, proteína y grasa se determinaron siguiendo los métodos establecidos por la Asociación Oficial de Químicos Analíticos (AOAC): humedad se determinó por secado en estufa a 110 °C¹³, cenizas mediante incineración en mufla¹⁴, proteína empleando Kjeldahl¹⁵, el contenido lipídico¹⁶, mientras que, para el contenido de pH se obtuvo mediante potenciómetro siguiendo la metodología de la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1338:2011¹⁷.

Calidad microbiológica de la salchicha a partir de dos especies de pescados: tilapia (*Oreochromis niloticus*) y paiche (*Arapaimas gigas*) y distintos bioconservantes

La determinación de *E. coli*, aerobios mesófilos totales, mohos y levadura se realizó siguiendo la metodología es-

tablecida en la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1338:2012¹⁸.

RESULTADOS

En la Figura 1 se presentan los resultados obtenidos para la variable pH en los diferentes tratamientos. El valor más alto se registró en los embutidos elaborados con *O. niloticus* sin bioconservantes (T5), alcanzando un pH de 6,81. Por otro lado, el valor más bajo se encontró en las muestras de *A. gigas* en las que se utilizó *Lactobacillus plantarum* como bioconservante con un pH de 5,50.

El contenido de humedad en los embutidos de pescado es un factor crucial que influye significativamente en su calidad y conservación ($p < 0,05$). En este estudio, se observó que los embutidos elaborados a partir de dos especies de pescado que no recibieron tratamiento con bioconservantes mostraron niveles de humedad notablemente superiores, variando entre 60,00 % y 62,37 % (figura 2). A diferencia de las muestras que se incorporó *Lactobacillus plantarum* presentaron un porcentaje de humedad considerablemente reducido, oscilando

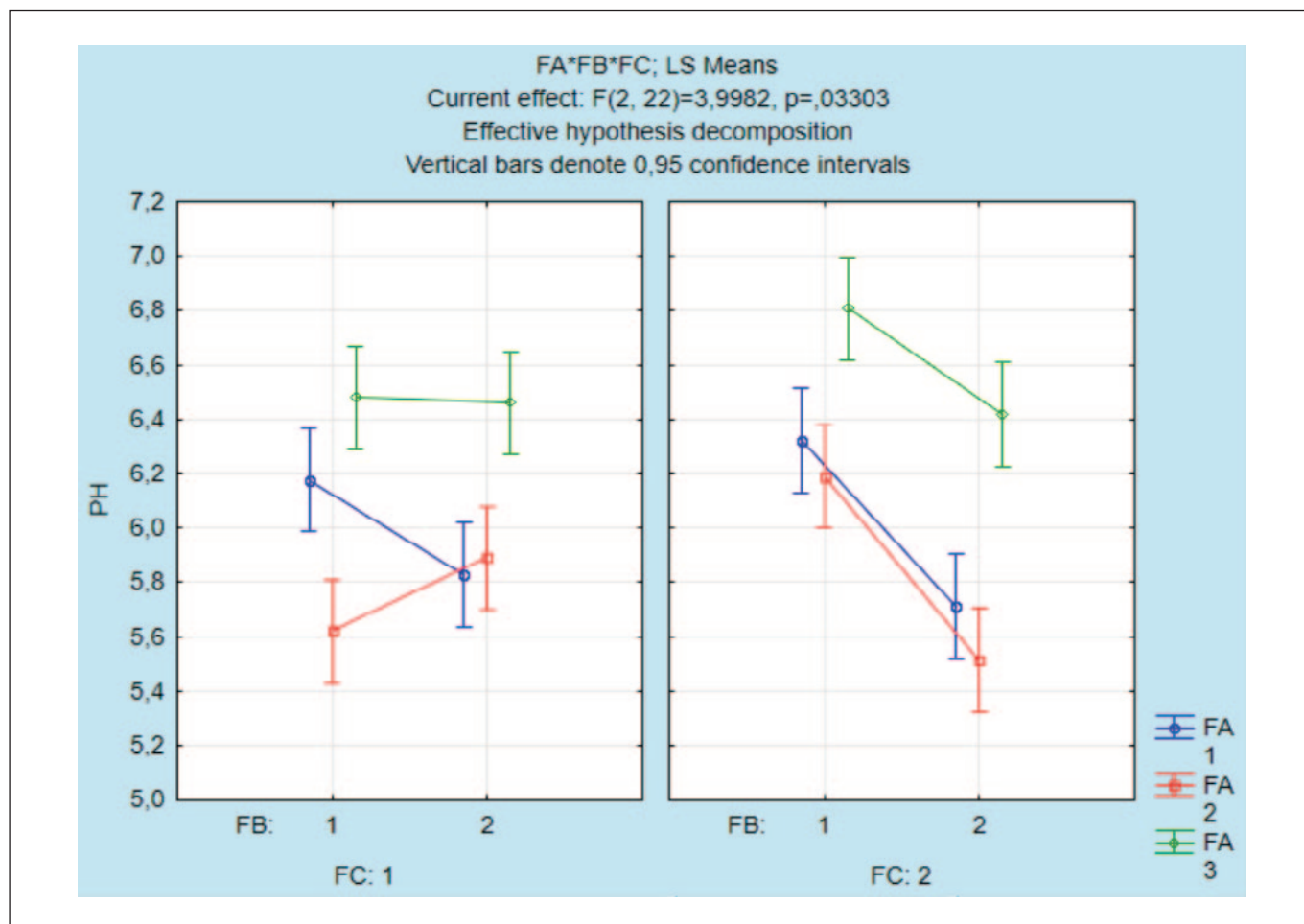


Figura 1. Resultados de pH en embutidos elaborados con dos especies de pescado y diferentes bioconservantes

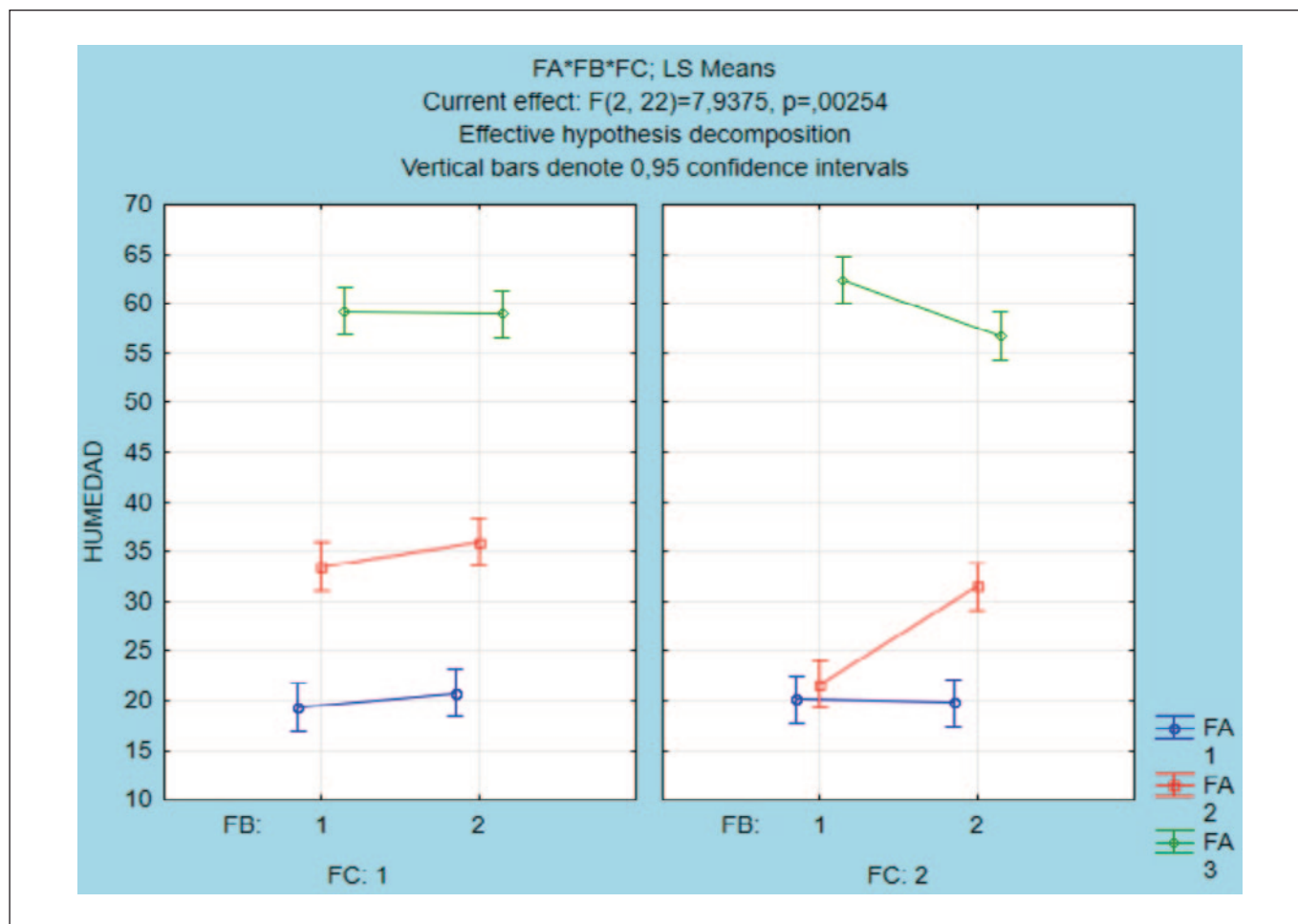


Figura 2. Resultados de humedad en embutidos elaborados con dos especies de pescado y diferentes bioconservantes

entre 19,30 % y 19,60 %. Esta disminución en la humedad indica que el uso de *Lactobacillus plantarum* no solo mejora la conservación de los productos, sino que también puede prolongar su vida útil al inhibir el crecimiento de microorganismos no deseados.

En cuanto al porcentaje de ceniza (figura 3), se observó que tanto la especie de pescado como el tipo de bioconservante tienen una influencia significativa ($p < 0,05$) en este parámetro. En particular, se encontró que el uso de nisina como bioconservante en los embutidos elaborados con tilapia (*Oreochromis niloticus*) incrementa el contenido de ceniza hasta un 2,86 %. Por otro lado, la combinación de *Lactobacillus plantarum* + Paiche mostró una reducción considerable del contenido de ceniza alcanzando un valor de 2,01%.

En la Figura 4 se presentan los resultados del contenido de proteína, donde se evidenció que la especie de pescado tiene un impacto significativo ($p < 0,05$) en este parámetro. Los embutidos elaborados con tilapia (*Oreochromis niloticus*) mostraron un mayor contenido de proteína, con valores que oscilaron entre 10,55 % y 11,90 %. Por otro lado, los embutidos

elaborados con paiche presentaron valores inferiores, que variaron entre 9,40 % y 10,50 %.

En el análisis de la composición grasa (Figura 5), se observó que los tratamientos elaborados con tilapia nisina como bioconservante exhibieron un contenido graso notablemente más alto, alcanzando un 15,15 %. Este valor es significativamente superior ($p < 0,05$) en comparación con las muestras de paiche (*Arapaima gigas*), que presentaron un contenido graso inferior (10 %). Es importante destacar que los embutidos que no incorporaron bioconservantes mostraron una tendencia inferior. Estos resultados demostraron que la utilización de tilapia y nisina no solo contribuye a mejorar la calidad del producto, sino que también influye en el perfil nutricional.

Calidad microbiológicos de la salchicha a partir de dos especies de pescados: tilapia (*Oreochromis niloticus*) y paiche (*Arapaimas gigas*) y distintos bioconservantes

En la Tabla 3 se muestran los resultados microbiológicos obtenidos de los diferentes tratamientos aplicados. Se ob-

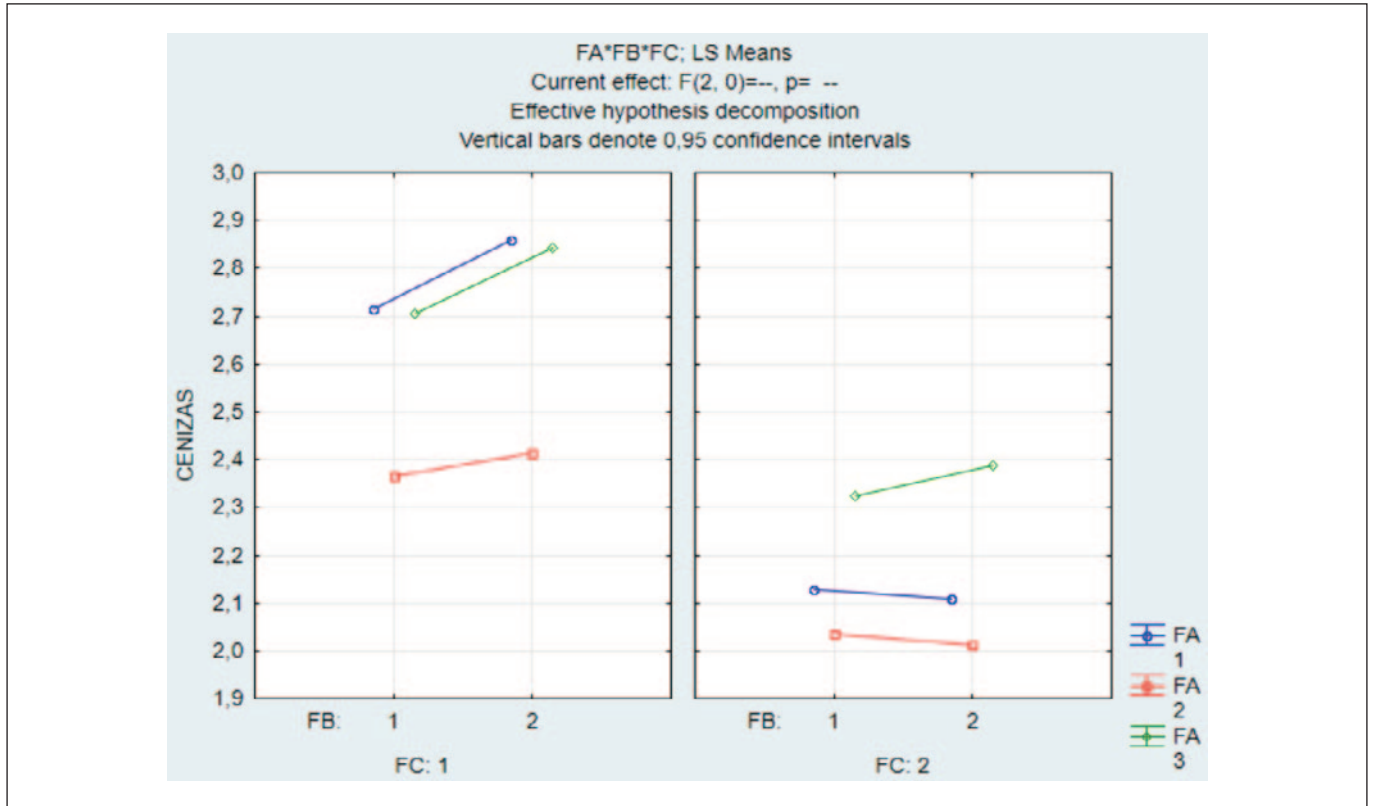


Figura 3. Resultados de ceniza en embutidos elaborados con dos especies de pescado y diferentes bioconservantes

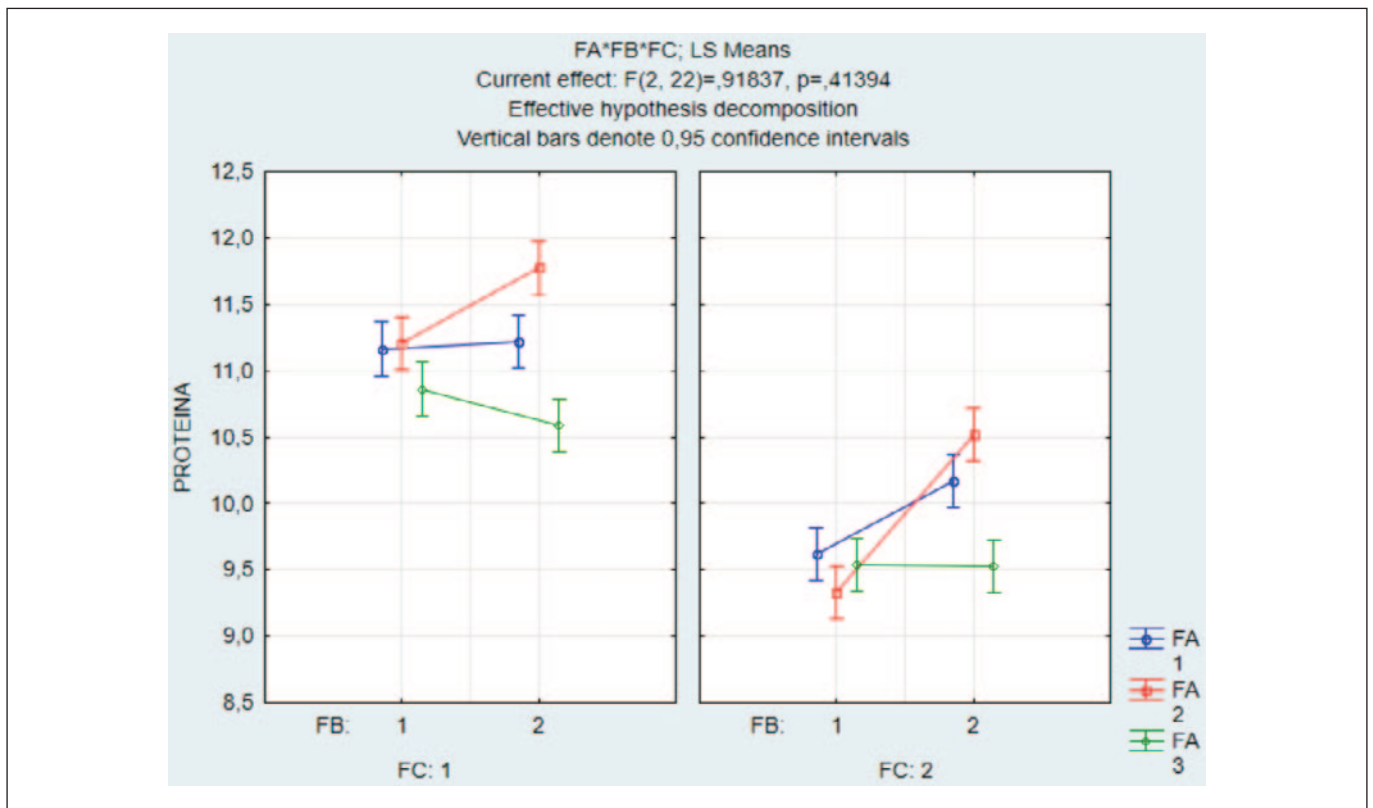


Figura 4. Resultados de proteína en embutidos elaborados con dos especies de pescado y diferentes bioconservantes

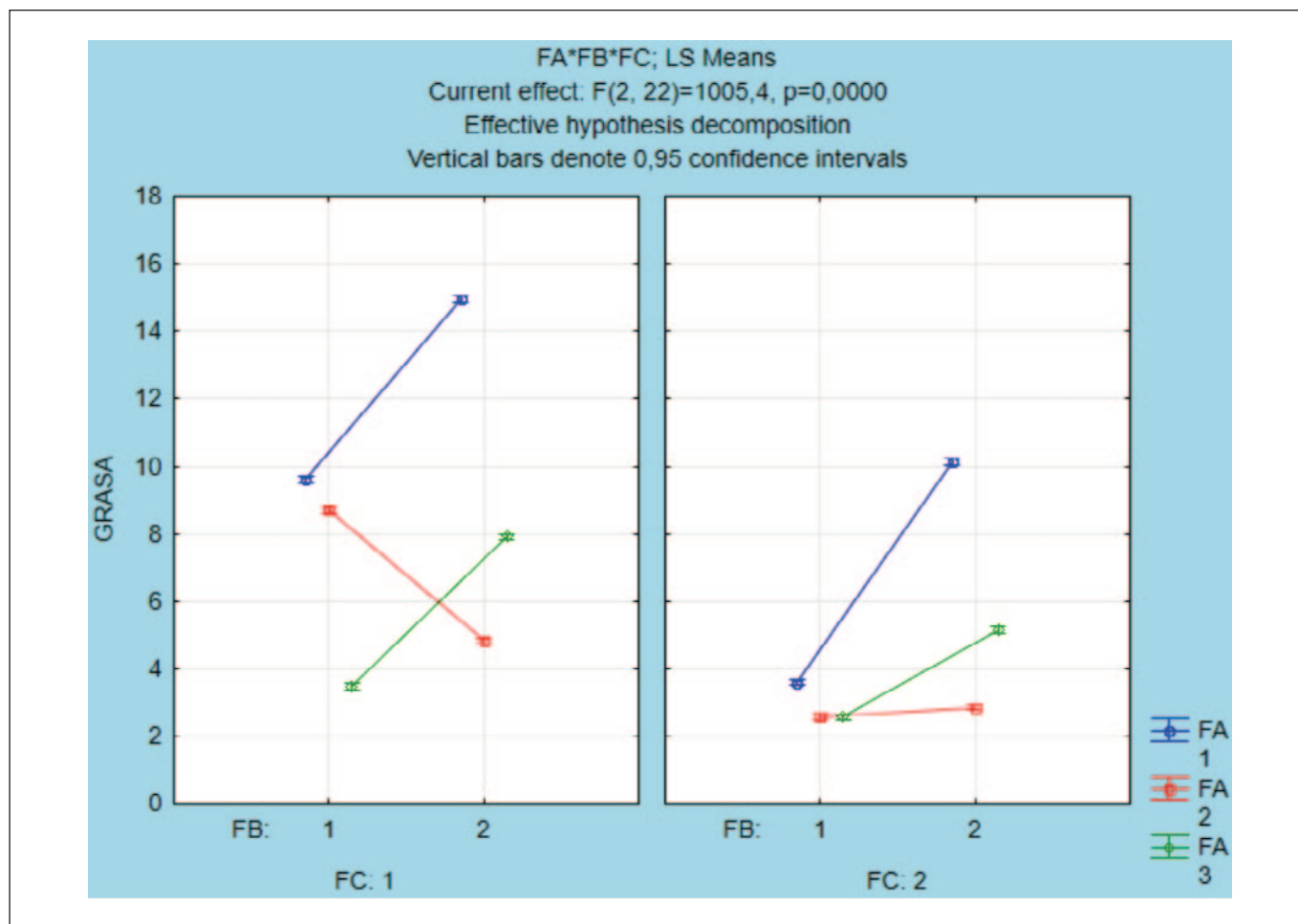


Figura 5. Resultados de grasa en embutidos elaborados con dos especies de pescado y diferentes bioconservantes

Tabla 3. Prueba de significación (Tukey $P < 0,05$) para resultados de análisis microbiológicos

Tratamientos	E. Coli	Salmonella	Mohos y levaduras	Aerobios mesófilos
T1	Ausencia	Ausencia	Ausencia	$2,36 \times 10^6$ A
T2	Ausencia	Ausencia	Ausencia	$2,40 \times 10^6$ A
T3	Ausencia	Ausencia	Ausencia	$5,45 \times 10^6$ B
T4	Ausencia	Ausencia	Ausencia	$5,34 \times 10^6$ B
T5	< 1,0 UFC	< 1,0 UFC	< 1,0 UFC	$7,19 \times 10^6$ C
T6	< 1,0 UFC	< 1,0 UFC	< 1,0 UFC	$7,13 \times 10^6$ C

servó que las muestras que incorporaron nisina como bioconservante presentaron una notable reducción en la presencia de microorganismos patógenos. Por otro lado, las muestras que no utilizaron bioconservante mostraron contaminación por *E. coli*, *Salmonella*, así como la presencia de mohos y levaduras. Así como también, existió mayor presencia de aerobios mesófilos ($7,19 \times 10^6$). Estos resultados resaltan la efectividad de la nisina en la inhibición del crecimiento microbiano y su potencial como una herramienta crucial para mejorar la seguridad microbiológica de los productos alimentarios.

DISCUSIÓN

Caracterización fisicoquímicos de la salchicha a partir de dos especies de pescados: tilapia (*Oreochromis niloticus*) y paiche (*Arapaimas gigas*) y distintos bioconservantes.

En estudios previos que emplearon bacterias ácido lácticas (BAL), se registraron valores de pH de 6,30 para *Lactobacillus* y 6,33 para *Streptococcus*, en relación con la inhibición mi-

crobiológica en tilapia roja (*Oreochromis sp.*)¹⁹. Mientras que, al emplear nisina como encapsulado en truchas arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) presentaron un valor de 6,0 indicando su efectividad²⁰.

Por otro lado, al emplear diferentes variedades de pescado como boca colora (*Haemulon spp.*), macabí (*Elops saurus*) y blanco pobre (*Pinirampus pinirampu*) en elaboración de chorizos obtuvieron un contenido de humedad del 59,78 %, valor que se encuentra dentro del rango de la presente investigación²¹. Mientras que, al utilizar base de nile tilapia (*Oreochromus niloticus*) en elaboración de mortadela obtuvieron valores entre 56.73 % - 63.63 %. Los resultados encontrados en esta investigación demuestran que el empleo de las BAL tiene influencia significativa²².

Los contenidos de cenizas presentados guardan relación a estudios previos de elaboración de embutido a base de sable (*Trichiurus lepturus*) donde presentaron valores que oscilaron 2,78 % a 2,89 %²³. El uso de las BAL constituye una herramienta importante, debido a que mejora su calidad fisicoquímica y microbiológica al tiempo que reduce el uso de conservantes y aditivos artificiales²⁴.

El alto contenido proteico en las salchichas de pescado se atribuye principalmente a la especie utilizada. En este sentido, la tilapia destaca por su notable contenido de proteína, que oscila entre el 20,00% y el 26,00%. Por otro lado, los filetes de paiche presentan un contenido proteico menor, que varía entre el 15,00 % y el 20,86 %^{25,26}. Además, investigaciones previas sobre la elaboración de embutidos a partir de *Oncorhynchus mykiss* han demostrado que, al emplear conservantes naturales como el laurel (*Laurus nobilis L.*), el contenido de proteína en los productos finales se sitúa entre 18,06 % y 18,25 %²⁷.

El contenido de grasa en las salchichas elaboradas con tilapia fue superior al de las producidas con paiche. No obstante, estos resultados son más altos que los reportados en investigaciones anteriores, donde se determinó un contenido lipídico entre 2,56 % y 2,73 % en salchichas tipo frankfurter elaboradas con desechos de filete de tilapia roja (*Oreochromis sp.*) y harina de quinua (*Chenopodium quinoa W.*)²⁸. Además, estudios previos han demostrado que el contenido de grasa varía según el corte de pescado; en este caso, el lomo de paiche presenta un 5,31 % de grasa, mientras que el vientre muestra un porcentaje significativamente más alto, alcanzando el 16,69 %²⁹.

Calidad microbiológicos de la salchicha a partir de dos especies de pescados: tilapia (*Oreochromis niloticus*) y paiche (*Arapaimas gigas*) y distintos bioconservantes

Los resultados microbiológicos evidencian que los bioconservantes tienen un impacto positivo en la calidad microbiológica de los tratamientos aplicados. En particular, la nisina

mostró un efecto notable, similar al observado en el estudio de Liu *et al.* (2022), en el que se utilizó una combinación de nisina en partículas vivas, polisacáridos de *Tremella fuciformis* y *Lactobacillus plantarum* como conservante en embutidos fermentados, logrando así inhibir la carga microbiana en las muestras³⁰. Además, otros estudios han corroborado la efectividad de los bioconservantes en la inhibición del crecimiento bacteriano. En un estudio se demostró que al aplicar quitosano microbiano extraído de *Aspergillus brasiliensis* como conservante en salchichas de pescado, las muestras de control mostraron un aumento en el recuento microbiano a medida que se prolongaba el periodo de almacenamiento, mientras que las muestras tratadas con quitosano presentaron una reducción significativa en la carga microbiana, en función del tiempo³¹.

CONCLUSIONES

La investigación sobre embutidos elaborados con *Oreochromis niloticus* y *Arapaima gigas*, combinados con bioconservantes, resalta la importancia de estos aditivos en la mejora de la calidad físico-química y microbiológica de los productos. Los resultados muestran que el uso de *Lactobacillus plantarum* y nisina no solo optimiza el pH y reduce la humedad, sino que también aumenta la durabilidad del producto al inhibir microorganismos indeseables. Además, se observan diferencias significativas en el contenido de ceniza y proteína entre las especies de pescado, destacando el valor nutricional superior de la tilapia. La efectividad de la nisina en la reducción de patógenos resalta su potencial para mejorar la seguridad alimentaria. En conclusión, estos resultados indican que la aplicación de bioconservantes puede ser clave para la industria alimentaria, no solo para la calidad sensorial y nutricional, sino también para la seguridad de los embutidos de pescado.

BIBLIOGRAFÍA

1. Lorenzo J, Munekata P, Dominguez R, Pateiro M, Saraiva J, Franco D. Main Groups of Microorganisms of Relevance for Food Safety and Stability. *Innovative Technologies for Food Preservation* 2017;53–107. doi:10.1016/B978-0-12-811031-7.00003-0
2. Barcenilla C, Ducic M, López M, Prieto M, Álvarez-Ordóñez A. Application of lactic acid bacteria for the biopreservation of meat products: A systematic review. *Meat Science* 2022;183. doi: 10.1016/j.meatsci.2021.108661
3. Mei J, Ma X, Xie J. Review on natural preservatives for extending fish shelf life. *Foods* 2019;13(18):490. doi:10.3390/foods8100490
4. Sionek B, Szydłowska A, Kołożyn-Krajewska D. The Role of Microorganisms and Their Antibacterial Compounds in Food Biopreservation. *Appl Sci.* 2024; 14(3), 5557. doi:10.3390/app14135557
5. Araujo M, Gumiel A, Bordin K, Luciano F, Freitas-De Macedo R. Combination of garlic essential oil, allyl isothiocyanate, and nisin

- Z as bio-preservatives in fresh sausage. *Meat Science* 2018; 177-183. doi:10.1016/j.meatsci.2018.05.002
6. Bahrami A, Delshadi R, Jafari S, Williams L. Nanoencapsulated nisin: An engineered natural antimicrobial system for the food industry. *Trends in Food Science & Technology* 2019;94:20-31. doi:10.1016/j.tifs.2019.10.002
 7. Lee I, Caggianiello G, Van-Swam I, Taverne N, Meijerink M, Bron P, Spano G, Kleerebezem M. Strain-Specific Features of Extracellular Polysaccharides and Their Impact on *Lactobacillus plantarum*-Host Interactions. *Appl. Environ. Microbiol.* 2016;82:3959–3970. doi:10.1128/AEM.00306-16
 8. Swastawati F, Ambaryanto A, Cahyono B, Wijayanti I, Chilmawati D. Characterizations of milkfish (*Chanos chanos*) meatballs as. 3rd International Conference on Tropical and Coastal Region Eco Development. Montreal - Canada: IOP Publishing. 2017. doi:10.1088/1755-1315/116/1/012027
 9. López-Landavery EA, Corona-Herrera GA, Santos-Rojas LE, Herrera-Castillo NM, Delgadín TH, Tapia-Morales S, González-Martínez S, Reyes-Flores LE, Marín A, Carmen YB, Fernandino JZ. Non-invasive sex genotyping of paiche *Arapaima gigas* by qPCR: An applied bioinformatic approach for identifying sex differences. *Aquaculture* 2022;546. doi:10.1016/j.aquaculture.2021.737388
 10. Association of Official Agricultural Chemists, 2010. AOAC International Official Method 938.08-1938 Ash of Seafood. 1938. Rockville, MA, USA http://www.aocofficialmethod.org/index.php?main_page=product_info&products_id=1595
 11. Association of Official Agricultural Chemists, 2010. AOAC International Official Method 996.06-1996; Fat in Total, Saturated, and Unsaturated. 1996. Rockville, MA, USA. http://www.aocofficialmethod.org/index.php?main_page=product_info&products_id=1595
 12. Association of Official Agricultural Chemists. AOAC International Official Method 940.25-1940; Nitrogen (Total) in Seafood. 1940. Rockville, MA, USA. http://www.aocofficialmethod.org/index.php?main_page=products_all&disp_order=7&page=108
 13. Association of Official Agricultural Chemists. Official Method 952.08-1961 AOAC. Solids (Total) in Seafood. Gravimetric m. 1996. Rockville, MA, USA. http://www.aocofficialmethod.org/index.php?main_page=product_info&products_id=1167
 14. Instituto Ecuatoriano de Normalización [INEN]. Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 783:1985. Carne y Productos cárnicos, Queso de cerdo, requisitos. 1996. <https://es.scribd.com/document/591317298/Inen>
 15. Instituto Ecuatoriano de Normalización [INEN]. Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1338. Carne y Productos Cárnicos Crudos, Productos Cárnicos Curados-Maduros y Productos Cárnicos Precocidos-Cocidos. Requisitos. 2011. <https://ia804702.us.archive.org/25/items/ec.nte.1338.2012/ec.nte.1338.2012.pdf>
 16. Talledo-Solórzano V, Chavarría-Minaya L, Zambrano-González S, Cuenca-Nevárez G. Efecto del uso de bacterias ácido lácticas en la inhibición del deterioro microbiológico de filetes de tilapia roja (*Oreochromis sp.*). *J Cinigec.* 2020; 5. <https://doi.org/10.5281/zenodo.4434700>
 17. Shamloofar M, Hoseini E, Kamali A, Motalebi-Moghanjoghi A, Poorgholm R. Antibacterial activities of nisin encapsulated in zein and modified atmosphere packaging on rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fillet during chilled storage 4°C. *Iranian J Fish Sci.* 2015; 2, 369–381. doi:jifro.ir/article-1-1890-en.html
 18. Batista L, Caballero M, Granados C, Torrenegra M, Urbina G, Acevedo D. Elaboración de chorizo a base de pescado. *Vitae* 2012;19(1). https://www.redalyc.org/pdf/1698/Resumenes/Resumen_169823914070_1.pdf
 19. Angelo-Geronimo HM, Gomes-DeOliveira M, Vasconcelos-DeOliveira E, Castelo-Branco N, Poeta-Casali A, Rosendo-Da Costa A, Ribeiro-Da Silva A, Sousa-Silva R, Montenegro-Stamford T. Production and Characterization of Emulsified Fish Mortadella From Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*). *International Journal of Food Studies* 2021; 10:203-220. <https://www.iseki-food-ejournal.com/ojs/index.php/e-journal/article/viewFile/845/316>
 20. Fuentes-Berrio L, Beltrán-Herrera V, Tarón-Dunoyer AA. Elaboración y caracterización de un embutido cárnico a base de pez sable (*Trichiurus lepturus*). @LIMENTECH CIENCIA Y Tecnología Alimentaria 2022;20(1). doi:10.24054/limentech.v20i1.1469
 21. Alcívar-Alcívar GM. Características microbiológicas y organolépticas del salami aplicando nisina como conservante natural. Tesis de grado. 2018. <https://repositorio.esпам.edu.ec/bitstream/42000/889/1/TTA18.pdf>
 22. Campagnoli-De Oliveira PR, Netto FM, Kawazaki-Ramos K, Trindade MA, Macedo-Viegas E M. Elaboration of Sausage Using Minced Fish of Nile Tilapia Filleting Waste. *Brazilian Archives of Biology and Technology* 2010;53(6):1383-1391. doi:10.1590/S1516-89132010000600015
 23. Roldán-Acero D, Molleda-Ordóñez A, Luján-Tantarico D, Omote-Sibina J. Elaboración de filete sin piel de paiche (*Arapaima gigas*) ahumado a baja temperatura. *Ing. Ind.* 2020; 39, 189-203. doi:10.26439/ing.ind2020.n039.4921
 24. Hleap-Zapata JI, Rodríguez-DeLaPava GC. Physicochemical analysis of frankfurter type sausages made with red tilapia fillet waste (*Oreochromis sp*) and quinoa flour (*Chenopodium quinoa W.*). *Brazilian Journal Food Technology* 2018;21. doi:10.1590/1981-6723.10316
 25. Neira-Mosquera J, Plua-Montiel J, Sánchez-Llaguno S, Giler-Coello EK. Características bromatológicas, físicas y organolépticas de conservas de paiche (*Arapaimas gigas*) en aceite de sachá inchi (*Plukenetia huayllabambana*), ajonjolí (*Sesamum indicum*) y maní (*Arachis hypogaea*). *Rev Ingen. Innov.* 2020; 9(1). <https://doi.org/https://revistas.unicordoba.edu.co/index.php/rii/article/view/2417>
 26. Liu Y, Ahmed S, Wang Y, Dai J, Shen S, Xiao S, Alomgir-Hossen M, Li S, Qin W. Novel natural microbial preservative nisin/Tremella fuciformis polysaccharide (TFP)/*Lactobacillus plantarum* (LP) live particle (NTN@LP) and its effect on the accumulation of biogenic amines during sausage fermentation. *Chemical Engineering Journal* 2022;417. doi:10.1016/j.cej.2021.131713
 27. Tayel A. Microbial chitosan as a biopreservative for fish sausages. *Int J Biol Macromol.* 2016; 93, 41-46. doi: 10.1016/j.ijbiomac.2016.08.061

28. Pal-Singh V. Recent approaches in food bio-preservation - a review. *Open Vet J.* 2018; 27(1), 104–111. doi:10.4314/ovj.v8i1.16
29. Zanetti M, Carniel T, Dalcanton F, Silva-Dos Anjos R, Gracher-Riella H, De Araújo P, De Oliveira D, Fiori M. Use of encapsulated natural compounds as antimicrobial additives in food packaging: a brief review. *Trends Food Sci Technol.* 2018; 81, 51-60. doi:10.1016/j.tifs.2018.09.003
30. Zhao Y, Wang Y, Li C, Li L, Yang X, Wu Y, Chen S, Zhao Y. Novel insight into physicochemical and flavor formation in naturally fermented tilapia sausage based on microbial metabolic network. *Food Res Int.* 2021; 141. doi:10.1016/j.foodres.2021.110122
31. Emir-Çoban Ö. Production of fresh fish sausages containing natural preservatives (*Laurus nobilis L.*) its nutritional composition and oxidative stability. *Progress in Nutrition* 2020;22(2):501-506. doi:10.23751/pn.v22i2.8912