

PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS Y SENSORIALES DEL CHORIZO AHUMADO CON TRES NIVELES DE CARNE DE LLAMA (*Lama glama*) Y CERDO (*Sus scrofa*)

Physicochemical and sensory parameters of smoked chorizo sausage with three levels of llama (*Lama glama*) and pork (*Sus scrofa*) meat

Grisel Karem Quispe Quispe^{1*}, Gloria Cristal Taboada Belmonte², Gladys J. Chipana Mendoza³

RESUMEN

El desarrollo de un chorizo ahumado utilizando carne de llama representa una iniciativa con un potencial significativo para diversificar y enriquecer el mercado de productos cárnicos procesados. Esta propuesta introduce una alternativa atractiva para los consumidores, con excelentes propiedades nutricionales, reconocida por su alto valor proteico y bajo contenido de colesterol y grasa. En ese sentido, el objetivo de la investigación es evaluar los parámetros fisicoquímicos y sensoriales del chorizo ahumado con tres niveles de carne de llama y carne de cerdo. Se empleó un diseño experimental con cuatro tratamientos: T0 (100% cerdo), T1 (20% llama, 60% cerdo), T2 (40% llama, 40% cerdo) y T3 (60% llama, 20% cerdo), manteniendo constantes los niveles de grasa y especias. Los resultados fisicoquímicos revelaron diferencias significativas ($p < 0.05$) en el contenido proteico, destacando los tratamientos T2 y T3 con un 18.80% de proteína, superior al testigo (18.12%). No se observaron diferencias significativas en los niveles de humedad y materia grasa, cumpliendo en todos los casos con la normativa boliviana (NB 465:97 y NB 466:97). En la evaluación sensorial, el tratamiento T3 (60% llama) obtuvo la mayor aceptación en sabor y olor, con una calificación de "me gusta moderadamente", y una mejor percepción de color respecto a los demás grupos. El análisis microbiológico y de tendencia determinó que la vida útil del producto bajo refrigeración a 5 °C es de 16 días, limitada principalmente por el crecimiento de *Staphylococcus aureus*. Se concluye que la sustitución parcial de carne de cerdo por carne de llama incrementa el valor nutricional y potencia las propiedades organolépticas del embutido, constituyéndose en una alternativa viable y saludable para el mercado cárnico procesado.

Palabras clave: *Lama glama*, chorizo ahumado, valor proteico, evaluación sensorial, vida útil.

ABSTRACT

The development of smoked chorizo using llama meat represents an initiative with significant potential to diversify and enrich the processed meat market. This proposal introduces an attractive alternative for consumers, with excellent nutritional properties, recognized for its high protein content and low cholesterol and fat content. In this regard, the objective of the research is to evaluate the physicochemical and sensory parameters of smoked chorizo with three levels of llama and pork meat. An experimental design with four treatments was used: T0 (100% pork), T1 (20% llama, 60% pork), T2 (40% llama, 40% pork), and T3 (60% llama, 20% pork), keeping the levels of fat and spices constant. The physicochemical results revealed significant differences ($p < 0.05$) in protein content, with treatments T2 and T3 standing out with 18.80% protein, higher than the control (18.12%). No significant differences were observed in moisture and fat content levels, complying in all cases with Bolivian regulations (NB 465:97 and NB 466:97). In the sensory evaluation, treatment T3 (60% llama) obtained the highest acceptance in terms of taste and smell, with a rating of "moderately liked," and a better perception of color compared to the other groups. Microbiological and trend analysis determined that the shelf life of the product under refrigeration at 5 °C is 16 days, limited mainly by the growth of *Staphylococcus aureus*. It is concluded that the partial replacement of pork with llama meat increases the nutritional value and enhances the organoleptic properties of the sausage, making it a viable and healthy alternative for the processed meat market.

Keywords: *Lama glama*, smoked chorizo, protein value, sensory evaluation, shelf life.

Artículo original

DOI: <https://doi.org/10.53287/pyke9839tn66r>

Recibido: 12/10/2025

Aceptado: 20/12/2025

^{1*}Autor de correspondencia: Facultad de Agronomía, Universidad Mayor de San Andrés, Bolivia. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3079-5222>. griselquispe720@gmail.com

² Docente, Facultad de Agronomía, Universidad Mayor de San Andrés, Bolivia. ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-2870-5016>. gctaboada@umsa.bo

³ Docente Investigadora, Facultad de Agronomía, Universidad Mayor de San Andrés, Bolivia. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8014-0385>. gchipana@umsa.bo

INTRODUCCIÓN

Los camélidos constituyen el medio de sostén principal para comunidades que viven en ambientes difíciles a nivel mundial, son fuente proteica, se crían en ambientes adversos en los que otras especies no subsisten, siendo muy importantes para los habitantes del altiplano andino (FAO, 2024). En Bolivia, son 2 599 026 cabezas de llamas que se distribuyen porcentualmente a nivel departamental, liderando la producción Oruro con 9.1%, Potosí 6.6% y La Paz 6.5%, el resto de los departamentos están debajo del 1.0% (Instituto Boliviano de Comercio Exterior, 2024). Para el año 2023, Bolivia produjo 15 553 toneladas de carne de llama, siendo el departamento de Oruro con la mayor producción de 6 044 toneladas, seguido de Potosí con 4 976 toneladas y La Paz 3 909 toneladas (Instituto Nacional de Estadísticas, 2024).

Se observa una creciente producción del camélido en la región andina en los últimos años, sin embargo, la mayoría de los consumidores desconocen las bondades nutricionales de la carne de llama (*Lama glama*). Estudios como el de Flores et al. (2021) reportaron en carne fresca de llama valores proteicos en promedio de 24.025%, considerable si se compara con las carnes de consumo común como reses, cerdos y aves. De la misma manera, esta carne, presenta niveles de lípidos menores comparados con otras carnes, es muy bajo en grasas (González y Moreno, 2022). Para Labarta et al. (2023), la carne de llama es caracterizada como aterogénica y trombogénica por su bajo contenido de grasas, lo que puede ser una opción para incentivar la producción e ingesta de este tipo de carne.

Por otra parte, la carne de cerdo (*Sus scrofa*) es un alimento nutritivo, con alto contenido de proteínas de excelente calidad y buena dosis de vitaminas del grupo B (especialmente B1, B3, B6 y B12) (Maiza y Martínez, 2020); también aporta minerales como hierro, zinc, fósforo y potasio, la jugosidad de su carne con textura firme y sabor suave la hacen ideal para preparar una gran variedad de productos, desde embutidos hasta ahumados (Palomo, 2023). Esta carne es fuente de aminoácidos esenciales en su aporte proteico, su grasa le confiere suavidad, humedad y agradable sabor, tecnológicamente son beneficiosas en la obtención de embutidos (Maiza y Martínez, 2020).

Para Vanoye et al. 2022 ahumar los productos alimenticios es tratarlos con el humo producto de la incineración de madera especial verificada según la normativa, la cual le provee un sabor especial y natural. Los productos cárnicos absorben sus olores debido a la cocción lenta a través del humo generado (Hinojosa, 2021). Este proceso le da mayor valor comercial al producto, por lo que son altamente demandados en diversas presentaciones.

El desarrollo de un chorizo ahumado utilizando carne de llama representa una iniciativa con un potencial significativo para diversificar y enriquecer el mercado de productos cárnicos procesados. Esta propuesta introduce una alternativa atractiva para los consumidores, con excelentes propiedades nutricionales, reconocida por su alto valor proteico y bajo contenido de colesterol y grasa. En ese sentido, el objetivo de la investigación es evaluar los parámetros fisicoquímicos y sensoriales del chorizo ahumado con tres niveles de carne de llama y carne de cerdo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización

El estudio se realizó en el laboratorio del Centro de Investigación en Cárnicos de la Carrera Ingeniería Agroindustrial, dependiente de la Facultad de Agronomía de la Universidad Mayor de San Andrés, ubicada en la entrada a la ciudad industrial de Viacha, provincia Ingavi del departamento de La Paz, Bolivia.

Metodología

Elaboración del chorizo ahumado en diferentes formulaciones

El proceso de elaboración del producto consistió en: las etapas detalladas a continuación (Ministerio de Desarrollo Productivo y Economía Plural, 2024):

Materia prima: estas fueron, carne de llama, carne de cerdo, grasa de cerdo, tripas naturales, leche. sal de cura, fosfasol, azúcar: y diversas especias como, comino, ajo, orégano, pimienta, sal de mesa, nuez moscada.

Inspección: al recibir la materia prima se verificó su frescura, color, olor y ausencia de materias extrañas. Las carnes deben estar a una temperatura entre 0 y

4°C. El pH para las carnes frescas debe estar en un rango de 5.8 a 6.2. Se revisaron las tripas para verificar su integridad y ausencia de rasgaduras.

Pesaje y formulación de ingredientes específicos para los tratamientos: todos los ingredientes se pesan con precisión de acuerdo con los tratamientos experimentales específicos, lo que permite obtener una calidad constante del producto. Los tratamientos fueron los siguientes:

- T0: 800 g carne de cerdo + 200 g tocino (100% carne de cerdo)
- T1: 200 g carne de llama + 600 g carne de cerdo + 200 g tocino (60% carne de cerdo y 20% carne de llama)
- T2: 400 g carne de llama + 400 g carne de cerdo + 200 g tocino (40% carne de cerdo y 40% carne de llama)
- T3: 600 g carne de llama + 200 g carne de cerdo + 200 g tocino (20% carne de cerdo y 60% carne de llama)

En cuanto al resto de los ingredientes, estos se mantienen constantes en todos los tratamientos, por lo que se pesa para cada uno las siguientes cantidades: leche 5 g, comino 3 g, ajo 5 g, orégano 2 g, pimienta 2.5 g, sal de mesa 22 g, sal de cura 2 g, fosfasol 2 g, nuez moscada 0.25 g, azúcar 0.5 g, hielo 348 g.

Troceado de carne y grasa: estos fueron en trozos de tamaño uniforme de 2-3 cm para facilitar la posterior molienda fina y garantizar una distribución uniforme del tamaño de partícula.

Molienda y homogeneización: las carnes y la grasa troceadas se muelen finamente con una picadora de carne (4.5 mm a 6.0 mm). Inmediatamente después, las carnes picadas se combinan con todos los aditivos pesados (sal, especias, agentes de curado) y hielo picado (un 5-10% del peso total de la carne) para mantener la temperatura. La mezcla es homogénea, asegurando una distribución uniforme de los ingredientes y manteniendo una temperatura baja, que no debe superar los 10 °C durante todo el proceso de mezcla para inhibir el crecimiento microbiano y mantener la calidad de la carne. Se verifica que el color y la textura sean uniformes, lo que indica una distribución homogénea de la grasa, la carne magra y las especias.

Embutido: la mezcla de carne homogeneizada se embute en tripas naturales. El peso total del chorizo relleno por lote fue de 1.3 kg. Se mantuvo una presión de relleno moderada y constante para evitar bolsas de aire y evitar la rotura de la envoltura. Eliminación de las burbujas de aire atrapadas y revisión del embutido en busca de daños o debilidades durante el relleno.

Atado y porcionado: a medida que se rellena el producto, se ata simultáneamente para crear porciones individuales de chorizo. Cada porción mide 10 cm de largo y pesa entre 80 y 100 gramos. El atado se realiza con hilos para uso alimentario, formando tiras de 10 a 12 unidades.

Ahumado de los chorizos: la operación se inicia con el acondicionamiento térmico del ahumador, el cual se eleva a una temperatura de precalentamiento de 120 °C por un lapso de 30 a 40 minutos. Posteriormente, los eslabones de chorizo son dispuestos en el interior del ahumador, manteniendo una distribución uniforme que asegure la exposición homogénea al humo y la transferencia de calor. La fase principal del ahumado se lleva a cabo a una temperatura de procesamiento entre 80 y 100 °C durante 5 a 6 horas. El rendimiento de la operación es de 1.0 kg por lote. La temperatura interna del chorizo alcanzó un punto crítico de control de 72 °C durante un minuto, lo cual asegura la eliminación de patógenos y la seguridad microbiológica del alimento. El control visual incluye la evaluación de la densidad y la circulación del humo, mientras que la evaluación sensorial al final del proceso se centra en el perfil aromático, la coloración y la firmeza del producto terminado.

Refrigeración y envasado al vacío: concluido el proceso de ahumado, los chorizos se enfrían inmediatamente a menos de 10 °C dentro de las dos horas posteriores a la salida del ahumador, colocándolos en una cámara frigorífica para evitar la pérdida de humedad. Ya fríos, se envasan al vacío en unidades de 500 gramos. Se verificó que cada paquete sellado no tenga bolsas de aire o fugas para garantizar un entorno anaeróbico y prolongar la vida útil.

Almacenamiento: el producto se almacena en refrigeración a 5 °C hasta su posterior análisis de calidad o distribución.

Balance de masa para elaboración del chorizo ahumado en diferentes formulaciones

En la Tabla 1 se visualizan las cantidades de los

insumos para cada tratamiento formulado del chorizo ahumado a base de llama y cerdo, el cual es para un kilogramo de producto terminado para cada formulación.

Tabla 1. Cantidades de materia prima e insumos por tratamientos.

Concepto	Tratamientos			
	T0 (g)	T1 (g)	T2 (g)	T3 (g)
Carne de llama (g)	0	200	400	600
Carne de cerdo (g)	800	600	400	200
Tocino (g)	200	200	200	200
Leche (g)	5	5	5	5
Comino (g)	3	3	3	3
Ajo (g)	5	5	5	5
Orégano (g)	2	2	2	2
Pimienta (g)	2.5	2.5	2.5	2.5
Sal de mesa (g)	22	22	22	22
Sal de cura (g)	2	2	2	2
Fosfasol (g)	2	2	2	2
Nuez moscada(g)	0.25	0.25	0.25	0.25
Azúcar (g)	0.5	0.5	0.5	0.5
Hielo	348	348	348	348
Chorizo crudo (kg)	1.392	1.392	1.392	1.392
Chorizo embutido (kg)	1.30	1.30	1.30	1.30
Total de chorizo ahumado (kg)	1.00	1.00	1.00	1.00
Unidades	12	12	12	12

La Figura 1, muestra el proceso de producción del chorizo, que ilustra las etapas de elaboración y el balance de masa en cada fase. Esto es crucial para un

análisis detallado de la eficiencia del proceso y para la optimización de los recursos.

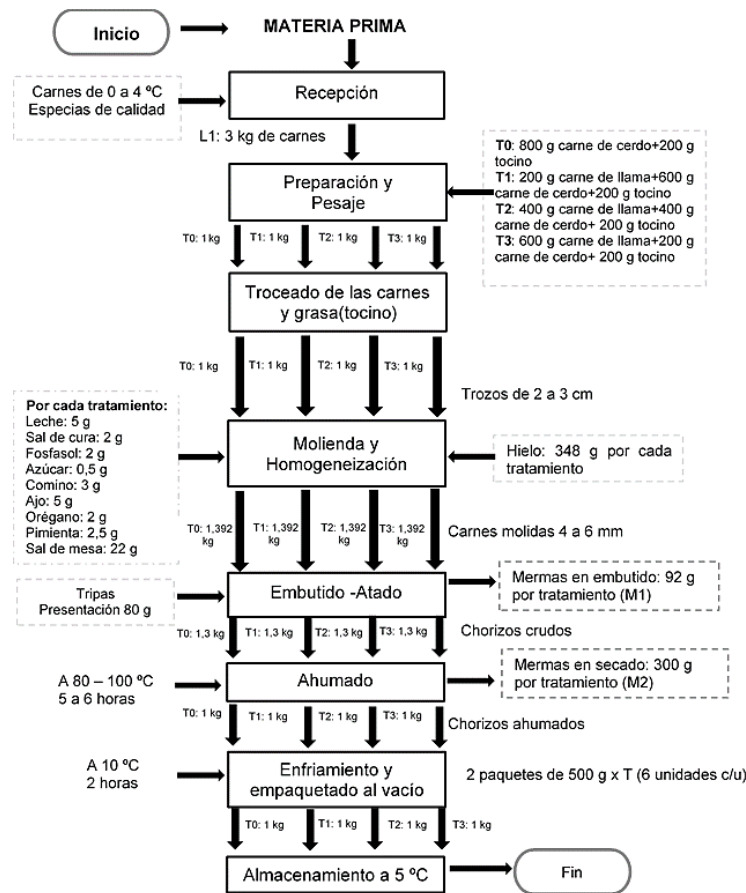


Figura 1. Proceso y balance de masa para elaboración de chorizo de llama ahumado.

Evaluación sensorial

Evalúa las características intrínsecas de los alimentos usando los sentidos: vista, olfato, gusto, tacto y oído (Cardona, 2024). De esta manera se pueden evaluar los parámetros de sabor, color, olor, textura y apariencia de los productos alimenticios (Cardona et al., 2023). Para ello se aplicó la prueba hedónica, con el nivel de escala de 1 a 7, con esto se tiene información de las preferencias del consumidor por atributos sensoriales específicos como el sabor, jugosidad, ternura, olor y aceptación general (Cardona et al., 2023). Las muestras fueron evaluadas por un panel de catadores, compuesta por 14 jueces semi entrenados, donde la escala hedónica constó de lo siguiente:

- 1: me disgusta mucho
- 2: me disgusta moderadamente
- 3: me disgusta un poco
- 4: me es indiferente
- 5: me gusta un poco
- 6: me gusta moderadamente
- 7: me gusta mucho

Análisis de los parámetros fisicoquímicos del producto con mayor aceptación sensorial

En base a los resultados de la evaluación sensorial del chorizo ahumado, se realizó el análisis físico-químico de la unidad experimental con mayor aceptación sensorial en comparación con el tratamiento testigo (100% carne de cerdo). Se tomaron muestras de 261 gramos de cada chorizo elaborado y se envió a la Unidad de Laboratorio de Alimentos y Bebidas del Gobierno Autónomo Municipal de La Paz, en el cual se determinó el contenido de proteína, humedad y grasa por duplicado, todos conforme a la Normativa Boliviana de IBNORCA NB 798: humedad (NB 379:1997), materia grasa (NB 465:1997) y proteína (NB 312053) (IBNORCA, 1997).

Determinación de la vida útil del chorizo ahumado

Se tomaron muestras de 300 gramos de los chorizos elaborados y se envió a la Unidad de Laboratorio de Alimentos y Bebidas del Gobierno Autónomo Municipal de La Paz. Se sometieron a determinaciones microbiológicas conforme a la Normativa Boliviana IBNORCA NB 310017:2017 detalladas a continuación:

- Recuento de aerobios mesófilos (UFC/g) NB 32003/NB 32016 (AOAC 990.12)
- Recuento de coliformes totales (UFC/g) NB 32005/NB 32020 /AOAC 991.14
- Recuento de *Salmonella* spp. (en 25 g) NB/ISO 6579
- Recuento de *Staphylococcus aureus* (UFC/g) NB 32004
- Recuento de *Escherichia coli* (UFC/g) NB 32005/NB 32020 /AOAC 991.14

Diseño experimental

El presente estudio se realizó con dos modelos, el primer modelo para las variables fisicoquímicos se usó un diseño completamente al azar, bajo la siguiente ecuación:

$$Y_{ij} = \mu + \alpha_i + \epsilon_{ij}$$

Dónde: Y_{ij} = valor observado de la variable de respuestas en la j -ésima unidad experimental que recibe el i -ésimo tratamiento; μ = media general; α_i = efecto fijo del i -ésimo tratamiento; ϵ_{ij} = efecto aleatorio de residuales o error experimental (Peñafiel, 2020).

El segundo modelo para la parte sensorial será diseño de bloques al azar, bajo la siguiente ecuación:

$$Y_{ij} = \mu + T_i + B_j + E_{ij}$$

Dónde: Y_{ij} = valor observado de la variable de respuestas en la j -ésima unidad experimental que recibe el i -ésimo tratamiento; μ = media general; T_i = efecto del i -ésimo tratamiento; B_j = efecto del j -ésimo bloque jueces; E_{ij} = error experimental en la unidad j del tratamiento i (Peñafiel, 2020).

Las variables de respuesta fueron: a) parámetros sensoriales, color, olor, sabor y textura, b) características fisicoquímicas, proteína, humedad y grasa.

Análisis estadístico

Se realizó un análisis de varianza de una vía utilizando las medias de los valores obtenidos de la caracterización fisicoquímica y evaluación sensorial. Se determinaron las diferencias significativas estableciendo un con un p valor de 0.05 y un nivel de

confianza de 95%. De esta forma se determina si hay diferencias significativas entre los tratamientos. De ser el caso se realizan pruebas comparativas de Duncan. Para ello se utilizó el paquete estadístico Infostat primera edición 2020.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Análisis fisicoquímico

Humedad

El contenido de humedad no presentó diferencias significativas entre los tratamientos ($p > 0.05$). La Figura 2 muestra los resultados promedio de humedad en los chorizos, donde se puede observar que el T0 presentó un promedio de 55.12%. Por otro lado, los tratamientos con carne de llama exhibieron promedios de humedad de 58.35 % para T1, 53.14% para T2 y 52.81% para T3, cuyas variaciones con respecto a T0 no se deben a un efecto de los tratamientos aplicados. Sin embargo, existe una variación que, aunque estadísticamente no es significativa, se explica por la capacidad de retención de humedad o en las características propias de la proteína de la carne de llama, la cual pudo haber liberado mayor cantidad de agua durante los procesos de embutido y ahumado, en comparación con la proteína de la carne de cerdo. Es importante destacar que todos los valores obtenidos se mantuvieron dentro de los rangos establecidos por la normativa vigente para embutidos de 65% de humedad.

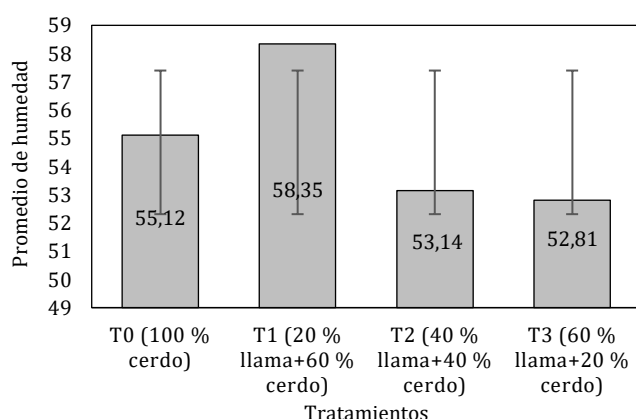


Figura 2. Promedios de humedad para chorizos ahumados.

Este hallazgo es similar a investigaciones previas en productos cárnicos, donde el uso de carne de camélidos también se asoció con una disminución en el contenido final de humedad del embutido, cuando

Leguia (2021) mezcló carne de cerdo por carne de alpaca en la elaboración de una salchicha tipo suizo. Asimismo, González y Moreno (2022) evaluaron un embutido tipo salami elaborado con carne de llama y alpaca al 20, 40 y 60% con adición de harinas de oca y mashua en 5%, y encontraron que el análisis bromatológico de los tratamientos no reveló diferencias significativas en los porcentajes de humedad, sin embargo, destacaron que el tratamiento con salami con carne de alpaca y harina de mashua, presentó mayor porcentaje.

Materia grasa

El análisis de varianza reportó que no existen diferencias estadísticas ($p > 0.05$). Los promedios de materia grasa entre los tratamientos son similares y estables (Figura 3), todos están por debajo del límite máximo del 30% establecido por la normativa vigente NB 465:97, a pesar de que la carne de llama es reconocida por su bajo contenido graso y ayudó a mantener el porcentaje dentro de un rango controlado en la formulación.

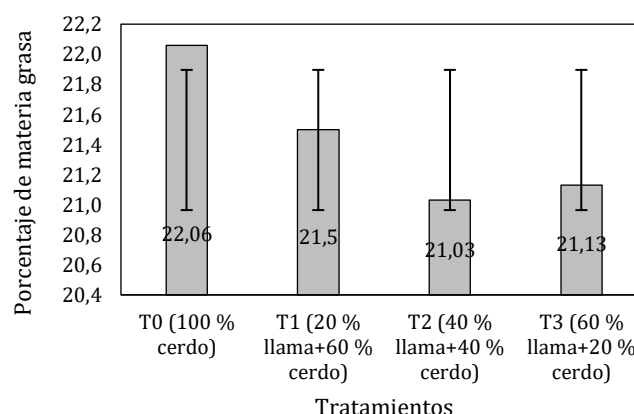


Figura 3. Promedios de porcentaje de materia grasa para chorizos ahumados.

Los resultados obtenidos en la presente investigación, son similares a estudios donde se analiza la carne de camélidos. Ramos et al. (2020) en la determinación de las características funcionales de una salchicha tipo cabanossi de carne de cerdo y llama, evidenciaron que el embutido con carne de llama presentó valores inferiores de grasa (18.6%) y ácidos grasos saturados y elevados de poliinsaturados, comparada con las muestras testigo comerciales. Esto sugiere que la carne de llama aporta menor cantidad de materia grasa al producto, recomendable para dietas saludables.

Lárico et al. (2021) realizó un estudio para optimizar la formulación de butifarra dulce y seca, sustituyendo carne y grasa de cerdo por carne de llama, pecanas y cañahua concluyendo que la formulación idónea fue el producto de 80% carne de llama y 20% de pecana.

Proteína

Se tuvieron diferencias significativas entre los tratamientos ($p > 0.05$). En la Tabla 2 se presenta el test de Duncan que indican que el T2 y T3 presentan diferencia significativa respecto a T1 y T0.

Tabla 2. Prueba de medias para proteína.

Tratamiento	Medias (%)	Prueba de Duncan (5%)
T3	18.80	A
T2	18.80	A
T1	18.12	B
T0	18.12	B

En estudios llevados a cabo por González y Moreno (2022) determinaron que existen diferencias significativas en los porcentajes de proteínas, donde el tratamiento con carne de llama y harina de oca presentó un 16.4% de proteína. El presente estudio sustenta mayor contenido de proteína en comparación con el presentado por los referidos autores, pero ambos productos cumplen con el requerimiento mínimo establecido en normativa boliviana NB 466:97. Ramos et al. (2020) determinó que el mejor tratamiento fue a base de carne de llama con $31.1 \pm 0.12\%$ de proteína. Estos resultados son similares al presente estudio, estando por encima de los parámetros exigidos en ambos estudios.

Análisis sensorial

Sabor

En el análisis de varianza no se tuvieron diferencias significativas ($p > 0.05$) entre los tratamientos (chorizos) evaluados. En la Figura 4 se muestran los valores promedio para cada categoría en la escala hedónica ascendente, se puede observar que el T3 obtuvo una valoración de 6 puntos de “me gusta moderadamente”, mientras que del T0 al T2, los calificaron de 5.2 a 5.6 de “me gusta un poco”. Este resultado establece que un mayor porcentaje de carne de llama mejora el sabor del chorizo ahumado, aun cuando estadísticamente son iguales.

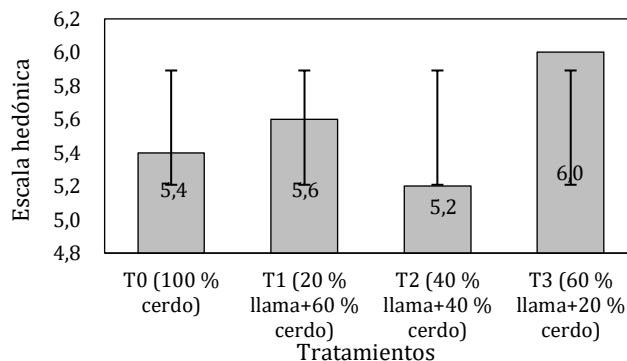


Figura 4. Respuestas sensoriales para sabor del chorizo ahumado.

4.2.2. Color

La evaluación estadística establece que existen diferencias significativas ($p < 0.05$) entre los tratamientos. La prueba de Duncan (Tabla 3) muestra que el tratamiento T2 presenta un color similar al resto de los tratamientos. La valoración de los jueces al T3 y T1 tuvo mejor percepción de “me gusta un poco”. El resto de los tratamientos obtienen una percepción de “me es indiferente”. Estableciendo que un mayor porcentaje de carne de llama en T3 mejora la percepción del color del chorizo ahumado.

Tabla 3. Prueba de medias para color.

Tratamiento	Medias	Prueba de Duncan (5 %)
T3	5.57	A
T1	5.43	A
T2	4.93	A B
T0	4.64	B

Textura

El análisis estadístico indicó que no existen diferencias significativas entre los tratamientos ($p > 0.05$). La apreciación de los jueces en todos los tratamientos fueron valorados en el rango de 5.0 a 5.4 (Figura 5). Eso los ubica en la categoría de “me gusta un poco”, indistintamente del porcentaje de mezcla de carne de cerdo con carne de llama.

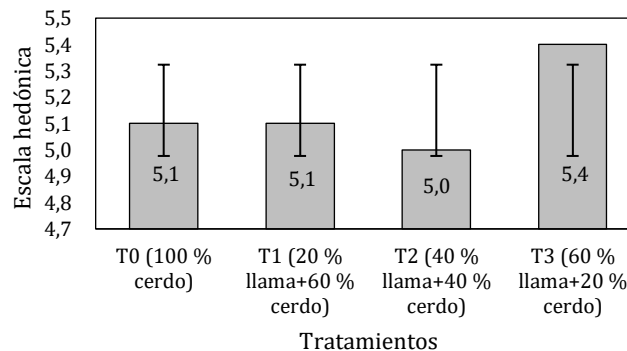


Figura 5. Respuestas sensoriales para textura del chorizo ahumado.

Olor

La evaluación estadística reflejó que no hay diferencias significativas entre los tratamientos ($p > 0.05$). En la Figura 6 se muestra que los jueces valoraron el color con una puntuación de 6 al tratamiento T3 con “me gusta moderadamente”, mientras que del T0 al T2 obtuvieron una calificación de 5.2 a 5.4 con “me gusta un poco”. Estableciendo que un mayor porcentaje de carne de llama en T3 mejora el olor del chorizo ahumado.

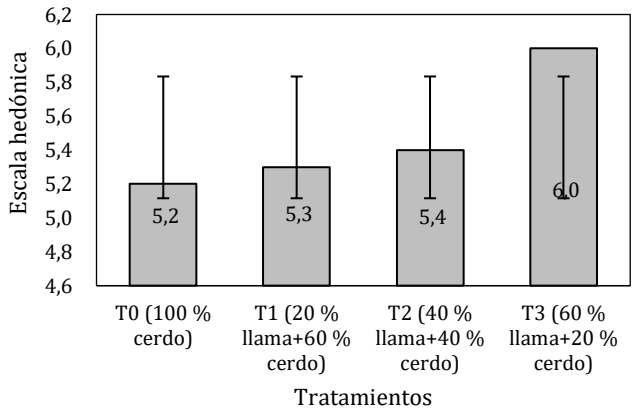


Figura 6. Respuestas sensoriales para olor del chorizo ahumado.

Análisis microbiológico

Para las evaluaciones microbiológicas de los chorizos ahumados se determinaron los recuentos de aerobios mesófilos, coliformes totales, *Salmonella* spp., *Staphilococcus aureus* y *Escherichia coli* en el tratamiento T3 de mayor aceptación cada diez días en tres periodos (1, 10 y 20 días) cuyos resultados se detallan en la Tabla 4. Se puede ver que los recuentos de aerobios mesófilos, en todos los periodos de medición se encontraron por debajo del límite de referencia para la normativa vigente de 1×10^4 UFC/g, al igual que el recuento de *Salmonella* spp. se mantuvo ausente de acuerdo a lo exigido en la norma.

Para *Staphilococcus aureus* los recuentos en el día 1 y 10 estuvieron por debajo del límite de referencia permitido de 1×10^1 UFC/g, mientras que para el día 20 el recuento supero el límite con 5×10^1 UFC/g. Para el recuento de *Escherichia coli* y coliformes totales no hubo desarrollo de colonias durante el periodo de estudio de 20 días. Todo conforme a la Norma Boliviana IBNORCA NB 310017:2017.

Tabla 4. Resultados de análisis microbiológico del producto.

Parámetro	Resultado (UFC/g) / NB 310017:2017			Límite de Referencia (UFC/g)
	1 día	10 días	20 días	
Aerobios mesófilos	1.26×10^3	1.32×10^3	2.38×10^3	1×10^4
Coliformes totales	$< 1 \times 10^1$	$< 1 \times 10^1$	$< 1 \times 10^1$	-
<i>Salmonella</i> spp.	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia
<i>Staphilococcus aureus</i>	$< 1 \times 10^1$	$< 1 \times 10^1$	5×10^1	1×10^1
<i>Escherichia coli</i>	$< 1 \times 10^1$	$< 1 \times 10^1$	$< 1 \times 10^1$	1×10^1

$< 1 \times 10^1$ UFC/g = no hubo desarrollo de colonias en la dilución empleada.

Análisis de tendencia para establecer vida útil del chorizo

En función de la variación del recuento de los aerobios mesófilos y *Staphilococcus aureus*, se presenta un análisis de tendencia en base logarítmica para el desarrollo de estos microorganismos durante el periodo de 20 días, con el fin de predecir la vida útil del chorizo. En la Figura 7 se observa la tendencia para aerobios mesófilos donde se establece que para los 32 días se alcanza el límite máximo permitido en la normativa legal vigente de 1×10^4 UFC/g. Obteniendo un coeficiente de determinación igual a 1 (R^2) se verifica la veracidad de la tendencia en el crecimiento de los aerobios mesófilos en el chorizo evaluado.

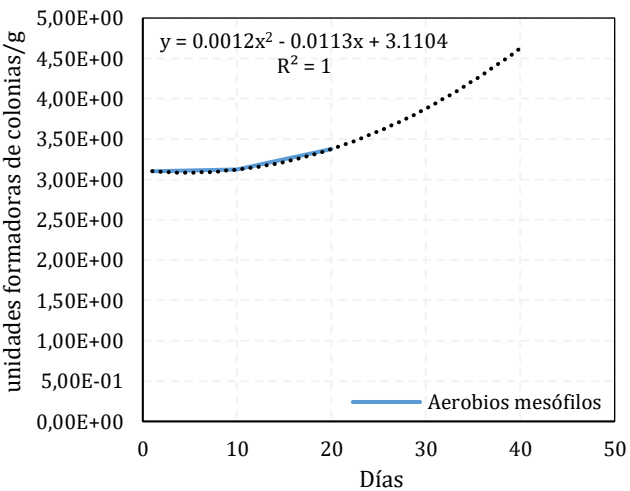


Figura 7. Recuento de microorganismos Aerobios mesófilos Vs tiempo.

Para el análisis en el desarrollo de *Staphylococcus aureus*, la línea de tendencia establece que el recuento a los 16 días sobrepasa el límite máximo permitido de 1×10^1 UFC/g, con un recuento de 5×10^1 UFC/G (Figura 8). Se observa un $R^2=1$ se verifica que la tendencia en el crecimiento de los aerobios mesófilos en el chorizo evaluado se ajusta muy bien al modelo.

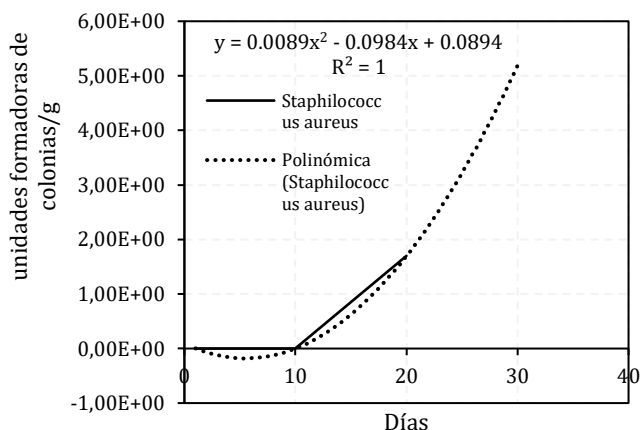


Figura 8. Recuento de microorganismos *Staphylococcus aureus* Vs tiempo.

Vida útil del chorizo ahumado

El análisis de tendencia aplicado a los recuentos microbianos de aerobios mesófilos y *Staphylococcus aureus* permitió modelar la evolución de la carga microbiológica del chorizo ahumado durante el almacenamiento en refrigeración. Los resultados indican que los aerobios mesófilos alcanzan el límite máximo permitido por la normativa vigente (1×10^4 UFC/g) a los 32 días. En contraste, *Staphylococcus aureus* excede el límite establecido (1×10^1 UFC/g) en apenas 16 días, alcanzando una carga de 5×10^1 UFC/g. Debido al riesgo toxigénico asociado a *S. aureus*, el criterio microbiológico más restrictivo se considera determinante en la definición de la vida útil. Por tanto, la vida útil segura del chorizo ahumado, bajo condiciones adecuadas de refrigeración y siguiendo estrictamente las buenas prácticas higiénicas y sanitarias, es de hasta 16 días.

Estudios desarrollados por Soliz et al. (2023) evaluaron la calidad del lomo de llama (*Lama glama*) ahumado con adición de salmuera (2, 4 y 6%) a diferentes temperaturas (70 a 79 °C) y lapsos de ahumado (7 a 8 horas) donde los microorganismos aerobios mesófilos, *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli* y *Salmonella*, se encontraron dentro de los

parámetros establecidos por la norma. Se establece que este resultado es debido el humo tiene la propiedad de inhibir el desarrollo masivo de estos microorganismos. Para el caso del estudio del chorizo ahumado con sustitución de carne de llama, es similar en los resultados obtenidos para los microorganismos estudiados aerobios mesófilos, *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, y *Salmonella*, solo para el día 20 del análisis, se presenta diferencia con *Staphylococcus aureus* que supera el límite máximo permitido, lo que establece su vida útil a 15 días.

CONCLUSIONES

Los análisis fisicoquímicos revelaron que el contenido de proteína en los chorizos ahumados, se vio influenciado por los diferentes porcentajes de mezcla de carne de cerdo y llama experimentados ($p < 0.05$). Comprobando que el tratamiento T3 y T2 presentaron un contenido proteico de 18.80%, diferentes a T1 y T0 con 18.12%. Esta diferencia puede atribuirse al mayor contenido proteico que aportó la carne de llama, al encontrarse por encima del valor mínimo establecido en la norma vigente.

En cuanto al contenido de grasa, para T1, T2 y T3 se mostraron valores de 21.03 a 21.50% y el testigo T0 alcanzó 22.06%, lo que sugiere una mejora en el perfil lipídico del producto con la adición de carne de llama. Los promedios de humedad de los tratamientos con carne de llama fueron de 58.35% para T1, 53.14% para T2 y 52.81% para T3, cuyas variaciones con respecto a T0 con 55.12% no se deben a un efecto de los tratamientos aplicados, esto puede atribuirse a una mejor retención de agua por parte de la carne de cerdo.

La alta puntuación al T3 en todos los atributos sensoriales ha demostrado que la incorporación de carne de llama en chorizos puede mantener o incluso mejorar las propiedades sensoriales del producto embutido, subrayando la importancia de atributos como sabor, olor y textura.

La estabilidad microbiológica observada en el T3 durante 20 días de almacenamiento a 4 °C es coherente con estudios que han evaluado la vida útil de productos cárnicos similares, donde se ha observado que ciertas formulaciones pueden prolongar la estabilidad microbiológica sin comprometer la calidad sensorial. Esto sugiere que la

combinación de carne de llama y cerdo en T3 no solo mejora el perfil nutricional, sino que también mantiene la seguridad microbiológica del producto.

BIBLIOGRAFÍA

- Cardona, M. (2024). Integración de la evaluación sensorial y de estudios de opinión de consumidores en un sistema de gestión de calidad de productos cárnicos. Universitat Politècnica de Valencia. Repositorio Institucional RiuNet. <https://riunet.upv.es/server/api/core/bitstreams/781c786a-d311-478a-9415-8fc095a9f1c1/content>
- FAO. (2024). Año Internacional de los Camélidos 2024. Héroes de los desiertos y las alturas: alimento para pueblos y culturas. <https://www.fao.org/camelids-2024/about/es>
- Flores, C., Salgado, I. & Sánchez, T. (2021). Proximal, microbiological and color evaluation and comparison of the meat of llamas (*Lama glama*) and alpacas (*Vicugna pacos*). ESPOCH Congresses: The Ecuadorian Journal of S.T.E.A.M., 1(15), 1413–1424. <http://dx.doi.org/10.18502/espoch.v1i5.9585>
- González, M. & Moreno, G. (2022). Determining the nutritional value of sausages made with llama and alpaca meat with the addition of goose flour and mashua. ESPOCH Congresses: The Ecuadorian Journal of S.T.E.A.M., 2(1), 52–67. <https://doi.org/10.18502/espoch.v2i2.11183>
- Hinojosa, E. (2021). Estudio de una línea de producción de ahumados de carne de cerdo en Ambato. Universidad Regional Autónoma de los Andes. Repositorio Institucional Dspace Uniandes. <https://dspace.uniandes.edu.ec/handle/123456789/13338>
- IBNORCA. (1997). NB 798:1997. Carne de camélidos y productos derivados - Embutidos - Requisitos. Instituto Boliviano de Normalización y Calidad: <https://www.ibnorca.org/tienda/catalogo/detalle-norma/nb-798:1997-nid=1278-3#:~:text=IBNORCA%20%20Establece%20los%20requisitos%20generales%2C%20espec%C3%ADficos%2C%20f%C3%ADsico-qu%C3%ADmicos,embutidos%20o%20productos%20derivados%20de%20carne%20de%20cam%20>
- Instituto Boliviano de Comercio Exterior. (2024). Comercio exterior. Un mundo de oportunidades. Publicaciones-IBCE: <https://ibce.org.bo/images/publicaciones/CE-322-Datos-Macroeconomicos-sociales-bolivia.pdf>
- Instituto Nacional de Estadísticas. (2024). Subproductos pecuarios. <https://www.ine.gob.bo/index.php/estadisticas-economicas/ganaderia-y-avicultura/subproductos-pecuarios-cuadros-estadisticos/>
- Labarta, F. E., Farfán, N. B., Chavarria, N., Echenique, M., Quintana, A. L., Verrastro, G. E., Godoy, M. D.; Zimerman, M. & Grigioni, G. (2023). Calidad intrínseca de la carne de llama (*Lama glama*) de la Puna Jujeña criada en pastizales con dos niveles de suplementación de granos. Archivos Latinoamericanos de Producción Animal, 31(3), 251–265. <https://doi.org/10.53588/alpa.310304>
- Lárico, J. A., Elías, C. C. & Salvá, B. K. (2021). Optimización de una formulación de butifarra dulce seca con carne de llama, pecanas y kañiwa. Revista de Investigaciones Altoandinas, 23(2), 77–84. <http://dx.doi.org/10.18271/ria.2021.232>
- Leguia, O. Y. (2021). Evaluación de las características fisicoquímicas, funcionales y organolépticas de salchicha tipo suizo con la sustitución parcial de la carne de alpaca (*Pacus lama*). Universidad Nacional José María Arguedas. Repositorio Institucional Unajma. https://repositorio.unajma.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14168/643/Ody_Yonar_Tesis_Bachiller_2021.pdf.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Maiza, J. S. & Martínez, K. L. (2020). Propuesta de los diferentes procesos de elaboración de chorizo de cerdo ahumado extra sarta mediante la inclusión de extractos cítricos orgánicos y zumo de remolacha (*Beta vulgaris*). Universidad Técnica de Cotopaxi. Repositorio Institucional Utc. <http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/6995>
- Ministerio de Desarrollo Productivo y Economía Plural. (2024). Industrialización en marcha. Industria Camélidos Turco. <https://produccion.gob.bo/wp-content/uploads/2025/01/camelido.pdf>
- Norma Boliviana NB 312053. (2017). Determinación de proteínas totales en cereales. Método Micro-Kjeldahl.
- Norma Boliviana NB 465:1997. (2025). Carnes y productos derivados - Determinación de Grasa Total. IBNORCA.
- Palomo, A. (2023). Calidad de la carne de cerdo: valor nutritivo y factores nutricionales de influencia. Razas Porcinas: https://razasporcinas.com/calidad-de-la-carne-de-cerdo-valor-nutritivo-y-factores-nutricionales-de-influencia/#top_ankor
- Ramos, M., Jordán, O., Tuesta, T., Silva, M., Silva, R. & Salvá, B. (2020). Características fisicoquímicas, mecánicas y sensoriales de salchichas secas tipo cabanossi elaboradas con carne de llama (*Lama glama*) y cerdo (*Sus scrofa domestica*). Revista chilena de nutrición, 47(3), 411–422. <http://dx.doi.org/10.4067/S0717-75182020000300411>
- Soliz, V., Taboada, G. & Ochoa, R. (2023). Evaluación de la calidad del lomo de llama (*Lama glama*) ahumado con salmuera en la localidad de Viacha, provincia Ingavi departamento de La Paz. CIBUM SCIENTIA, 2(1), 7–16. <https://doi.org/10.53287/nojt8597yd52v>
- Vanoye, M., González, J. C., Martín, B. R., González, E. & Quijano, S. M. (2022). Elaboración de un chorizo ahumado para asar a base de cochinita pibil. Revista Interdisciplinaria de Ingeniería Sustentable y Desarrollo Social, 41–50. <https://itsta.edu.mx/wp-content/uploads/2023/02/04-2022.pdf>