



Evaluación del Nivel de Cushuro Andino (*Nostoc sphaericum*) en la Calidad Fisicoquímica, Estabilidad de Emulsión y Aceptabilidad Sensorial de Hamburguesas a Base de Carne de Res y Cerdo

Evaluation of the Level of Andean Cushuro (*Nostoc sphaericum*) on the Physicochemical Quality, Emulsion Stability, and Sensory Acceptability of Hamburgers Based on beef and Pork Meat.

Avaliação do nível de cushuro andino (*Nostoc sphaericum*) na qualidade físico-química, estabilidade da emulsão e aceitabilidade sensorial de hambúrgueres à base de carne bovina e suína.

ARTÍCULO ORIGINAL

Juan Carlos Hernández Vizarreta
juan.hernandez@upsjb.edu.pe
 Universidad Privada San Juan Bautista,
 Ica – Perú

Renzo Gabriel Alexander Rivera
 Saquiray
renzo.rivera@upsjb.edu.pe
 Universidad Privada San Juan Bautista,
 Ica – Perú

Manuel Angel Melgar Bautista
manuel.melgar@upsjb.edu.pe
 Universidad Privada San Juan Bautista,
 Ica – Perú

Zorayda Anyela Sulca Choque
zorayda.sulca@upsjb.edu.pe
 Universidad Privada San Juan Bautista,
 Ica – Perú

Leyla Dayana Quispe Simón
leyla.quispe@upsjb.edu.pe
 Universidad Privada San Juan Bautista,
 Ica – Perú

Rosalinda Paula Vasquez Rojas
rosalinda.vasquez@upsjb.edu.pe
 Universidad Privada San Juan Bautista,
 Ica – Perú

Recibido 15 de Junio 2026 | Arbitrado y aceptado 28 de Junio 2026 | Publicado el 11 de Julio 2026

RESUMEN

[Introducción]: La creciente demanda de alimentos funcionales ha impulsado el desarrollo de productos cárnicos con ingredientes naturales. En este contexto, las hamburguesas elaboradas con carne de res y cerdo constituyen una matriz adecuada para el desarrollo de nuevas formulaciones. Asimismo, el cushuro andino (*Nostoc sphaericum*), por su contenido de proteínas, minerales y polisacáridos, podría contribuir a mejorar la calidad y estabilidad de las hamburguesas. **[Objetivo]:** Por lo tanto, en esta investigación se evalúa el efecto de diferentes niveles de incorporación de cushuro andino (*Nostoc sphaericum*) sobre la calidad fisicoquímica, estabilidad de emulsión y aceptabilidad sensorial de hamburguesas elaboradas con carne de res y carne de cerdo. **[Metodología]:** Se empleó un Diseño Completamente al Azar con arreglo factorial 3×5 , considerando tres proporciones de carne de res y cerdo (60:40, 50:50 y 40:60) y cinco niveles de incorporación de cushuro (0, 3, 5, 7 y 10 %), obteniéndose 15 tratamientos evaluados por triplicado. Se determinaron parámetros fisicoquímicos (pH, humedad, proteína, grasa y cenizas), capacidad de retención de agua, estabilidad de emulsión y pérdida por cocción. La aceptabilidad sensorial fue evaluada mediante una escala hedónica de nueve puntos aplicada a 30 consumidores no entrenados. **[Resultados]:** Los resultados mostraron que la incorporación de cushuro influyó significativamente en las propiedades fisicoquímicas y tecnológicas de las hamburguesas, favoreciendo la capacidad de retención de agua y la estabilidad de emulsión, y reduciendo la pérdida por cocción y el contenido de grasa. La evaluación sensorial evidenció una mayor aceptación en niveles intermedios de incorporación, destacando el tratamiento P2T2, con 50 % de carne de res, 50 % de carne de cerdo y 5 % de cushuro, que alcanzó la mayor aceptabilidad general (8.47 ± 0.20). **[Conclusión]:** El cushuro andino (*Nostoc sphaericum*) mostró potencial como ingrediente funcional en hamburguesas de res y cerdo, al favorecer sus propiedades fisicoquímicas y tecnológicas sin comprometer la aceptación sensorial en niveles moderados de incorporación. La formulación P2T2 presentó el mejor equilibrio entre calidad tecnológica y aceptabilidad, evidenciando además una alternativa para la valorización de este recurso andino.

Palabras claves: *Nostoc sphaericum*, cushuro andino, carne de res, carne de cerdo, hamburguesas, calidad fisicoquímica, estabilidad de emulsión, aceptabilidad sensorial.

ABSTRACT

[Introduction]: The growing demand for functional foods has driven the development of meat products containing natural ingredients. In this context, beef and pork burgers serve as a suitable matrix for developing new formulations. Furthermore, Andean cushuro (*Nostoc sphaericum*), due to its protein, mineral, and polysaccharide content, could help improve the quality and stability of these burgers. **[Objective]:** Therefore, this study evaluates the effect of incorporating different levels of Andean cushuro (*Nostoc sphaericum*) on the physicochemical quality, emulsion stability, and sensory acceptability of beef and pork burgers. **[Methodology]:** A completely randomized design with a 3×5 factorial arrangement was used, considering three beef-to-pork ratios (60:40, 50:50, and 40:60) and five cushuro incorporation levels (0, 3, 5, 7, and 10%), resulting in 15 treatments evaluated in triplicate. Physicochemical parameters (pH, moisture, protein, fat, and ash), water-holding capacity, emulsion stability, and cooking loss were determined. Sensory acceptability was assessed using a nine-point hedonic scale administered to 30 untrained consumers. **[Results]:** The results showed that the incorporation of cushuro significantly influenced the physicochemical and technological properties of the burgers, enhancing water-holding capacity and emulsion stability while reducing cooking loss and fat content. Sensory evaluation revealed higher acceptance at intermediate incorporation levels; notably, treatment P2T2—containing 50% beef, 50% pork, and 5% cushuro—achieved the highest overall acceptability (8.47 ± 0.20). **[Conclusion]:** Andean cushuro (*Nostoc sphaericum*) demonstrated potential as a functional ingredient in beef and pork burgers, enhancing their physicochemical and technological properties without compromising sensory acceptance at moderate incorporation levels. The P2T2 formulation showed the best balance between technological quality and acceptability, while also highlighting an alternative for the valorization of this Andean resource.

Keywords: *Nostoc sphaericum*, Andean cushuro, beef, pork, hamburgers, physicochemical quality, emulsion stability, sensory acceptability.

RESUMO

[Introdução]: A crescente demanda por alimentos funcionais tem impulsionado o desenvolvimento de produtos cárneos contendo ingredientes naturais. Nesse contexto, hambúrgueres de carne bovina e suína constituem uma matriz adequada para o desenvolvimento de novas formulações. Além disso, o cushuro andino (*Nostoc sphaericum*), devido ao seu teor de proteínas, minerais e polissacarídeos, poderia contribuir para melhorar a qualidade e a estabilidade desses hambúrgueres. **[Objetivo]:** Portanto, este estudo avalia o efeito da incorporação de diferentes níveis de cushuro andino (*Nostoc sphaericum*) na qualidade físico-química, na estabilidade da emulsão e na aceitabilidade sensorial de hambúrgueres de carne bovina e suína. **[Metodologia]:** Utilizou-se um delineamento inteiramente casualizado com arranjo fatorial 3×5 , considerando três proporções de carne bovina para suína (60:40, 50:50 e 40:60) e cinco níveis de incorporação de cushuro (0, 3, 5, 7 e 10%), resultando em 15 tratamentos avaliados em triplicata. Foram determinados parâmetros físico-químicos (pH, umidade, proteína, gordura e cinzas), capacidade de retenção de água, estabilidade da emulsão e perda de peso no cozimento. A aceitabilidade sensorial foi avaliada por meio de uma escala hedônica de nove pontos aplicada a 30 consumidores não treinados. **[Resultados]:** Os resultados mostraram que a incorporação de cushuro influenciou significativamente as propriedades físico-químicas e tecnológicas dos hambúrgueres, melhorando a capacidade de retenção de água e a estabilidade da emulsão, ao mesmo tempo em que reduziu a perda de peso no cozimento e o teor de gordura. A avaliação sensorial revelou maior aceitação em níveis intermediários de incorporação; destacou-se o tratamento P2T2 — contendo 50% de carne bovina, 50% de carne suína e 5% de cushuro — que obteve a maior aceitabilidade global ($8,47 \pm 0,20$). **[Conclusão]:** O cushuro andino (*Nostoc sphaericum*) demonstrou potencial como ingrediente funcional em hambúrgueres de carne bovina e suína, melhorando suas propriedades físico-químicas e tecnológicas sem comprometer a aceitação sensorial em níveis moderados de incorporação. A formulação P2T2 apresentou o melhor equilíbrio entre qualidade tecnológica e aceitabilidade, destacando-se também como uma alternativa para a valorização desse recurso andino.

Palavras-chave: *Nostoc sphaericum*, cushuro andino, carne bovina, carne suína, hambúrgueres, qualidade físico-química, estabilidade da emulsão, aceitabilidade sensorial.

1. Introducción

En los últimos años, la industria cárnica ha experimentado una transformación impulsada por la creciente demanda de alimentos que, además de satisfacer las necesidades nutricionales básicas, aporten beneficios adicionales para la salud y contribuyan al desarrollo de sistemas alimentarios más sostenibles. Este cambio ha promovido el desarrollo de productos cárnicos funcionales mediante la incorporación de ingredientes naturales con propiedades tecnológicas y nutricionales capaces de mejorar la calidad del producto final y responder a las nuevas exigencias de los consumidores (Kausar et al., 2019; Macho-González et al., 2021). Entre las estrategias más utilizadas se encuentra la sustitución parcial de ingredientes convencionales por fuentes alternativas de compuestos bioactivos, proteínas, fibras dietéticas y antioxidantes naturales, permitiendo obtener productos con mejores características fisicoquímicas, sensoriales y nutricionales (Graciano Cristóbal et al., 2022; Wang et al., 2025).

Dentro de este contexto, la carne de res constituye una de las principales materias primas más empleadas en la elaboración de hamburguesas y otros productos cárnicos debido a su amplia aceptación en el mercado y a la creciente demanda de alimentos prácticos y con valor agregado. En respuesta a las nuevas tendencias de consumo, la industria cárnica ha impulsado el desarrollo de productos innovadores, como las hamburguesas enriquecidas con ingredientes funcionales, buscando la mejora de sus características nutricionales y satisfacer las exigencias de consumidores cada vez más interesados en alimentos de mayor calidad y beneficios para la salud (Gamarra Salcedo, 2023).

Sin embargo, la carne de res presenta ciertas limitaciones tecnológicas relacionadas principalmente con su contenido lipídico y la susceptibilidad a procesos de oxidación durante el procesamiento y almacenamiento, factores que pueden afectar atributos importantes como la estabilidad, el sabor, la textura, la jugosidad y la vida útil de los productos elaborados. Debido a ello, suele combinarse con otras materias primas cárnicas que aporten una mayor capacidad de emulsificación y mejores propiedades organolépticas. En este sentido, la carne de cerdo constituye una alternativa ampliamente utilizada por su adecuada proporción de grasa, capacidad de retención de

agua y contribución positiva al sabor y la textura de productos emulsionados como hamburguesas, salchichas y embutidos cocidos (Z. Han et al., 2024).

Las hamburguesas figuran como uno de los productos cárnicos con más aceptación y consumo a nivel mundial debido a su rápida preparación, versatilidad tecnológica y elevada aceptación por parte de diferentes grupos poblacionales. No obstante, la formulación convencional de estos productos suele estar asociada a altos contenidos de grasa saturada y una limitada incorporación de ingredientes funcionales, situación que ha motivado la búsqueda de nuevas formulaciones capaces de mejorar simultáneamente la calidad nutricional, tecnológica y sensorial del producto final (Wang et al., 2025).

Entre los recursos alimentarios con potencial para el desarrollo de alimentos funcionales destaca el cushuro andino (*Nostoc sphaericum*), una cianobacteria comestible que crece de manera natural en lagunas y ecosistemas altoandinos de Perú, Bolivia y otros países de la región andina. Este recurso ancestral ha sido utilizado tradicionalmente por comunidades rurales debido a su importante aporte nutricional y a su disponibilidad en ambientes de gran altitud. Diversos estudios han reportado que el cushuro contiene proteínas de alto valor biológico, minerales esenciales como calcio, hierro y fósforo, además de compuestos bioactivos con capacidad antioxidante y polisacáridos que podrían ejercer efectos favorables sobre las propiedades tecnológicas de diferentes matrices alimentarias (Bautista Gomez & Ceron Quispe, 2025; Chasquibol et al., 2025; Li Valderrama et al., 2025).

Desde el punto de vista tecnológico, los polisacáridos presentes en el cushuro poseen capacidad de absorción y retención de agua, características que podrían contribuir a mejorar la estabilidad de emulsiones cárnicas, reducir pérdidas durante el procesamiento y aumentar el rendimiento del producto final. Por ende, su incorporación podría favorecer la formación de estructuras más estables dentro de la matriz cárnica, influyendo positivamente sobre parámetros como la textura, cohesividad y jugosidad. Estas propiedades han generado un creciente interés científico por evaluar el potencial del cushuro como ingrediente funcional en el desarrollo de alimentos innovadores (Chasquibol et al., 2025).

En los últimos años se han desarrollado investigaciones orientadas a la utilización de recursos vegetales, algales y subproductos agroindustriales como ingredientes funcionales en productos cárnicos. Diversos autores han reportado mejoras en la capacidad de retención de agua, estabilidad oxidativa, valor nutricional y aceptación del consumidor mediante la incorporación de ingredientes ricos en fibra, proteínas vegetales y compuestos bioactivos (Graciano Cristóbal et al., 2022; Wang et al., 2025). Sin embargo, la información científica disponible sobre la aplicación del cushuro en productos cárnicos continúa siendo limitada, especialmente en formulaciones elaboradas con mezclas de carne de res y carne de cerdo.

Adicionalmente, existe escasa evidencia científica acerca del efecto de diferentes niveles de incorporación de cushuro andino sobre parámetros tecnológicos críticos como la estabilidad de emulsión, capacidad de retención de agua, composición proximal, características fisicoquímicas y aceptabilidad sensorial en hamburguesas cárnicas. Esta falta de información limita el aprovechamiento industrial de este recurso andino y dificulta la generación de alternativas alimentarias innovadoras con valor agregado.

Por lo tanto, la presente investigación tuvo como objetivo evaluar el efecto de diferentes niveles de incorporación de cushuro andino (*Nostoc sphaericum*) sobre la calidad fisicoquímica, estabilidad de emulsión y aceptabilidad sensorial de hamburguesas elaboradas a partir de carne de res y carne de cerdo. Se plantea la hipótesis de que la incorporación de cushuro mejorará las propiedades tecnológicas y nutricionales del producto, manteniendo niveles adecuados de aceptación por parte de los consumidores, contribuyendo así al desarrollo de productos cárnicos funcionales con mayor valor agregado y al aprovechamiento sostenible de recursos alimentarios andinos.

2. Materiales y métodos

2.1 Diseño experimental

La investigación se desarrolló bajo un Diseño Completamente al Azar (DCA) con arreglo factorial 3 x 5, donde el Factor A correspondió a la proporción de carne de

res y carne de cerdo, mientras que el Factor B correspondió al nivel de incorporación de cushuro andino fresco (*Nostoc sphaericum*).

Factor A: Proporción de carne de res y carne de cerdo

	Nivel Carne de res (%)	Carne de cerdo (%)
P1	60	40
P2	50	50
P3	40	60

Factor B: Nivel de incorporación de cushuro

	Tratamiento Cushuro (%)
T0	0
T1	3
T2	5
T3	7
T4	10

La combinación de ambos factores generó 15 tratamientos experimentales (3 x 5), evaluados por triplicado. Cada tratamiento fue elaborado en tres lotes independientes (n = 3), considerándose cada lote como una unidad experimental para los análisis fisicoquímicos, tecnológicos y sensoriales.

Tabla 1. Distribución experimental corregida

	Tratamiento Res (%)	Cerdo (%)	Cushuro (%)	Total (%)
P1T0	60.0	40.0	0	100
P1T1	58.2	38.8	3	100
P1T2	57.0	38.0	5	100
P1T3	55.8	37.2	7	100
P1T4	54.0	36.0	10	100
P2T0	50.0	50.0	0	100
P2T1	48.5	48.5	3	100
P2T2	47.5	47.5	5	100
P2T3	46.5	46.5	7	100
P2T4	45.0	45.0	10	100
P3T0	40.0	60.0	0	100
P3T1	38.8	58.2	3	100
P3T2	38.0	57.0	5	100
P3T3	37.2	55.8	7	100

Tratamiento	Res (%)	Cerdo (%)	Cushuro (%)	Total (%)
P3T4	36.0	54.0	10	100

Nota. El cushuro sustituyó proporcionalmente la fracción cárnica de la formulación, manteniendo constante la relación res: cerdo establecido para cada nivel del Factor A. De esta manera, el total de la mezcla principal fue siempre 100%.

2.2 Materias primas e ingredientes

La carne de res (*Bos Taurus*) y la carne de cerdo (*Sus scrofa domesticus*) fueron adquiridas en establecimientos autorizados de la ciudad de Ica, Perú, y transportadas bajo condiciones de refrigeración (4 ± 1 °C) hasta su procesamiento.

El cushuro andino (*Nostoc sphaericum*) fresco fue recolectado en zonas altoandinas y posteriormente acondicionado para su incorporación en la formulación.

Los ingredientes complementarios utilizados fueron:

- Hielo (10%)
- Fécula de maíz (2%)
- Harina de plátano (2%)
- Sal (1.5%)
- Fosfato de sodio (0.3%)
- Pimienta (0.2%)
- Comino (0.2%)
- Ajo en polvo (0.2%)
- Cebolla en polvo (0.3%)

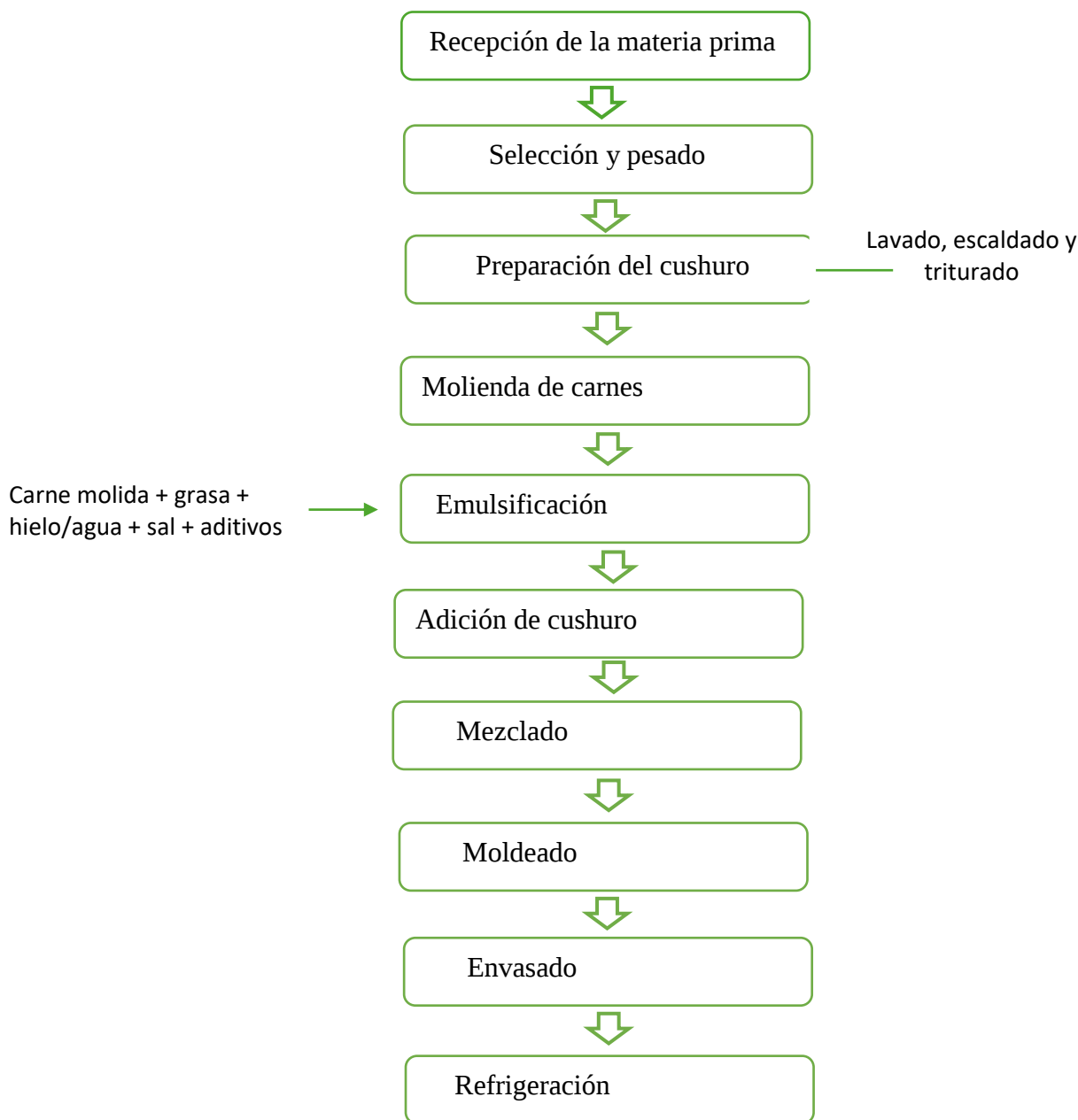
Todos los ingredientes fueron de grado alimentario.

Tabla 2. *Formulación base de hamburguesas (%)*

Ingrediente	%
Carne (res + cerdo)	80.0
Hielo	13.3
Fécula de maíz	2.0
Harina de plátano	2.0
Sal	1.5
Fosfato de sodio	0.3
Pimienta	0.2
Comino	0.2
Ajo en polvo	0.2
Cebolla en polvo	0.3
Total	100.0

2.3 Elaboración de hamburguesas

Figura 1. Diagrama de flujo para la elaboración de hamburguesas con cushuro



Fuente: *Elaboración propia.*

2.4 Elaboración de las hamburguesas

La carne de res y la carne de cerdo fueron desgrasadas parcialmente y troceadas en cubos de aproximadamente 3 cm.

Posteriormente se realizó la molienda mediante una moledora de carne equipada con disco de 5 mm.

La emulsión cárnica fue preparada incorporando progresivamente la carne molida, hielo, sal y fosfato, seguido de los ingredientes secos y finalmente el cushuro correspondiente a cada tratamiento.

La mezcla fue homogenizada durante aproximadamente 5 minutos hasta obtener una masa uniforme.

Las hamburguesas fueron moldeadas manualmente con un peso aproximado de 100 g y un diámetro de 10 cm.

Posteriormente fueron envasadas en bolsas de polietileno de uso alimentario y almacenadas bajo refrigeración a 4 ± 1 °C durante 24 h antes de los análisis.

2.5 Determinación de pH

Se determinó utilizando un indicador de pH digital previamente ajustado con soluciones buffer pH 4.0 y 7.0.

Se homogenizaron 10 g de muestra con 90 mL de agua destilada y posteriormente se realizó la lectura directa del electrodo.

Las determinaciones se realizaron por triplicado siguiendo la metodología descrita por la AOAC (2019).

2.6 Determinación de humedad

El contenido se determinó mediante el método gravimétrico (AOAC 950.46).

Se pesaron cerca de 5 g de muestra y se secaron en estufa a 105 °C hasta peso constante.

Los resultados fueron expresados como porcentaje de humedad.

2.7 Determinación de proteína

El contenido de proteína se determinó mediante el método Kjeldahl (AOAC 981.10).

El nitrógeno total obtenido fue multiplicado por el factor 6.25 para calcular el contenido de proteína cruda.

Los resultados fueron expresados en porcentaje.

2.8 Determinación de grasa

La grasa total fue determinada mediante extracción Soxhlet utilizando éter de petróleo como solvente, de acuerdo con el método (AOAC 960.39, s. f.).

Los resultados fueron expresados como porcentaje de grasa en base húmeda.

2.9 Determinación de cenizas

El contenido de cenizas se determinó mediante incineración de las muestras en mufla a 550 °C durante 6 horas siguiendo el método (AOAC 920.153).

Los resultados fueron expresados en porcentaje.

2.10 Capacidad de retención de agua (CRA)

El CRA se estableció mediante el proceso de centrifugación descrito por (Serdaroğlu et al., 2018), con modificaciones.

Se mezcló 1 g de muestra con 6 mL de solución de NaCl 0.6 M.

Las muestras fueron centrifugadas a 4000 rpm durante 15 min.

Posteriormente se eliminó el sobrenadante y se calculó la capacidad de retención de agua mediante diferencia de pesos.

La capacidad de retención de agua se calculó mediante la siguiente ecuación:

$$CRA(\%) = \frac{\text{Peso final}}{\text{Peso inicial}} \times 100$$

2.11 Estabilidad de emulsión

La estabilidad de emulsión se determinó siguiendo la metodología descrita por (Choi et al., 2009). Se colocaron 25 g de emulsión en tubos centrifugables y se sometieron a calentamiento a 80 °C durante 30 min.

Posteriormente se cuantificó la separación de agua y grasa. La estabilidad de emulsión fue expresada como porcentaje.

La estabilidad de emulsión se calculó mediante la siguiente ecuación:

$$EE(\%) = \frac{\text{Peso inicial} - \text{Pérdidas}}{\text{Peso inicial}} \times 100$$

2.12 Pérdida por cocción

Se determinó mediante diferencia de peso antes y después de la cocción.

Las hamburguesas fueron cocidas hasta alcanzar una temperatura interna de 75°C.

La pérdida por cocción se calculó mediante la siguiente ecuación:

$$PPC(\%) = \frac{\text{Peso inicial} - \text{Peso final}}{\text{Peso inicial}} \times 100$$

2.13 Evaluación sensorial

La aceptabilidad sensorial fue evaluada por 30 consumidores no entrenados pertenecientes a la comunidad universitaria.

Cada muestra fue identificada con códigos aleatorios de 3 dígitos y distribuidas a los evaluadores siguiendo un orden de presentación aleatorizado.

Los atributos evaluados fueron:

- Color

- Aroma
- Sabor
- Textura
- Jugosidad
- Aceptabilidad general

Se empleó una escala hedónica de nueve puntos donde:

1 = Me disgusta extremadamente

9 = Me gusta extremadamente

Las hamburguesas fueron cocinadas hasta alcanzar una temperatura interna de 75 °C antes de la evaluación.

2.14 Análisis estadístico

Los datos recopilados se procesaron mediante un análisis de varianza factorial (ANOVA de dos vías), considerando como variables la proporción de carne de res: cerdo y el nivel de incorporación de cushuro.

Tras obtener un nivel de diferencias significativas ($p < 0.05$), se utilizó la prueba de comparación múltiple de Tukey para identificar diferencias entre los tratamientos.

El análisis estadístico fue realizado utilizando el software R versión 4.5.0(*R Foundation for Statistical Computing*, s. f.).

3. Resultados

3.1. Caracterización

Se constituye una herramienta fundamental para evaluar la calidad del producto final, ya que permite determinar parámetros relacionados con su composición, estabilidad, valor nutricional y comportamiento tecnológico durante el procesamiento. Variables como el pH, el contenido de humedad, proteína, grasa y cenizas permiten

establecer el efecto de la incorporación de ingredientes funcionales sobre la matriz cárnica y su influencia en las propiedades del producto.

Las hamburguesas elaboradas con diferentes proporciones de carne de res y carne de cerdo presentan características tecnológicas particulares, debido al equilibrio entre el elevado contenido proteico de la carne de res y el aporte de grasa de la carne de cerdo, el cual contribuye a mejorar la jugosidad y determinadas propiedades funcionales del producto. La incorporación de cushuro (*Nostoc sphaericum*) puede modificar estas características gracias a su contenido de proteínas, minerales y polisacáridos, compuestos que favorecen la retención de agua, la estabilidad de la emulsión y el rendimiento durante la cocción.

Posteriormente, se presentan los resultados obtenidos para cada uno de los parámetros evaluados.

3.2. Análisis de pH

Como se observa en la Tabla 1, los valores de pH mostraron un ligero incremento conforme aumentó el nivel de incorporación de cushuro. Los mayores valores se registraron en los tratamientos con 10% de cushuro (T4), mientras que el tratamiento control (T0) presentó los valores más bajos. Asimismo, las formulaciones con mayor proporción de carne de res presentaron, en general, valores de pH ligeramente superiores a los obtenidos en las formulaciones con mayor proporción de carne de cerdo.

Tabla 1. pH de hamburguesas elaboradas con diferentes proporciones de carne de res: cerdo y niveles de incorporación de cushuro (n = 3).

Tratamiento	Rep1	Rep2	Rep3
P1T0	5.82	5.79	5.81
P1T1	5.86	5.83	5.87
P1T2	5.90	5.91	5.88
P1T3	5.93	5.91	5.92
P1T4	5.95	5.94	5.97
P2T0	5.80	5.78	5.79
P2T1	5.84	5.81	5.82
P2T2	5.86	5.87	5.85

Tratamiento	Rep1	Rep2	Rep3
P2T3	5.91	5.88	5.90
P2T4	5.94	5.92	5.93
P3T0	5.76	5.74	5.75
P3T1	5.79	5.80	5.77
P3T2	5.83	5.82	5.84
P3T3	5.88	5.85	5.87
P3T4	5.91	5.90	5.89

Tabla 2. Media $\pm$ desviación estándar, grupos de Tukey y resultados del ANOVA para el pH de hamburguesas elaboradas con diferentes proporciones de carne de res: cerdo y niveles de incorporación de cushuro ($n = 3$).

Tratamiento	pH (Media $\pm$ DE)	Grupo
P1T0	5.81 $\pm$ 0.02	fg
P1T1	5.85 $\pm$ 0.02	de
P1T2	5.90 $\pm$ 0.02	bc
P1T3	5.92 $\pm$ 0.01	ab
P1T4	5.95 $\pm$ 0.02	a
P2T0	5.79 $\pm$ 0.01	fgh
P2T1	5.82 $\pm$ 0.02	efg
P2T2	5.86 $\pm$ 0.01	cde
P2T3	5.90 $\pm$ 0.02	bc
P2T4	5.93 $\pm$ 0.01	ab
P3T0	5.75 $\pm$ 0.01	h
P3T1	5.79 $\pm$ 0.02	gh
P3T2	5.83 $\pm$ 0.01	def
P3T3	5.87 $\pm$ 0.02	cd
P3T4	5.90 $\pm$ 0.01	bc

Nota. Los valores se expresan como **media $\pm$ desviación estándar** ($n = 3$). Medias seguidas de la misma letra en la columna **Grupo** no presentan diferencias significativas entre sí, según la prueba de **Tukey** ($p < 0.05$).

El incremento del pH observado conforme aumentó la incorporación de cushuro evidencia que este ingrediente influyó en el comportamiento fisicoquímico de las hamburguesas. El ANOVA confirmó este efecto, ya que tanto la proporción de carne como el nivel de cushuro presentaron diferencias significativas ($p < 0.001$); sin embargo, la interacción entre ambos factores no fue significativa ($p = 0.942$), indicando que sus efectos sobre el pH se manifestaron de manera independiente. Estos resultados

pueden compararse con (Bautista Gomez & Ceron Quispe, 2025), quienes también evaluaron el pH en un producto cárnico enriquecido con cushuro y reportaron diferencias en las características físicoquímicas entre sus formulaciones, destacando una formulación con 5 % de cushuro por su estabilidad físicoquímica. Asimismo, (Chasquibol et al., 2025) señalan el potencial de los polisacáridos de *Nostoc sphaericum* como hidrocoloides para aplicaciones alimentarias, lo que permite considerar que la incorporación de cushuro puede modificar el entorno físicoquímico de la matriz cárnica. Por tanto, la tendencia registrada en el pH estaría relacionada principalmente con el nivel de cushuro incorporado y la proporción de las carnes empleadas en la formulación.

3.3. Análisis de humedad

Los resultados del contenido de humedad se presentan en la Tabla 3. Se observó un incremento gradual del contenido de humedad conforme aumentó el nivel de incorporación de cushuro. Los mayores valores se registraron en los tratamientos con 10 % de cushuro (T4), mientras que el tratamiento control (T0) presentó los menores porcentajes. Asimismo, las formulaciones con mayor proporción de carne de res mostraron, en general, valores de humedad ligeramente superiores a los obtenidos en las formulaciones con mayor proporción de carne de cerdo.

Tabla 3. Contenido de humedad (%) de hamburguesas elaboradas con diferentes proporciones de carne de res: cerdo y niveles de incorporación de cushuro (n = 3). Análisis de Humedad

Tratamiento	Rep. 1 (%)	Rep. 2 (%)	Rep. 3 (%)
P1T0	63.16	63.07	63.13
P1T1	63.88	63.69	63.82
P1T2	64.49	64.43	64.55
P1T3	65.24	65.09	65.18
P1T4	65.92	65.83	65.89
P2T0	62.98	62.78	62.91
P2T1	63.60	63.52	63.56
P2T2	64.31	64.12	64.25
P2T3	64.98	64.77	64.87
P2T4	65.70	65.51	65.63

Juan Carlos Hernández Vizarrata, Renzo Gabriel Alexander Rivera Saquiray, Manuel Angel Melgar Bautista, Zorayda Anyela Sulca Choque, Leyla Dayana Quispe Simón, Rosalinda Paula Vasquez Rojas

P3T0	62.71	62.62	62.68
P3T1	63.35	63.27	63.30
P3T2	64.04	63.86	63.99
P3T3	64.68	64.49	64.62
P3T4	65.37	65.18	65.30

Tabla 4. Media $\pm$ desviación estándar y comparación de medias mediante la prueba de Tukey del contenido de humedad (%) de las hamburguesas elaboradas con diferentes proporciones de carne de res: cerdo y niveles de incorporación de cushuro ($n = 3$).

Tratamiento Humedad (%) (Media $\pm$ DE) Grupo		
P1T0	63.12 $\pm$ 0.05	ij
P1T1	63.80 $\pm$ 0.10	gh
P1T2	64.49 $\pm$ 0.06	e
P1T3	65.17 $\pm$ 0.08	c
P1T4	65.88 $\pm$ 0.05	a
P2T0	62.89 $\pm$ 0.10	jk
P2T1	63.56 $\pm$ 0.04	h
P2T2	64.23 $\pm$ 0.10	f
P2T3	64.87 $\pm$ 0.11	d
P2T4	65.61 $\pm$ 0.10	b
P3T0	62.67 $\pm$ 0.05	k
P3T1	63.31 $\pm$ 0.04	i
P3T2	63.96 $\pm$ 0.09	g
P3T3	64.60 $\pm$ 0.10	e
P3T4	65.28 $\pm$ 0.10	c

Nota. Los valores corresponden a la media $\pm$ desviación estándar de tres repeticiones ($n = 3$). Medias seguidas por letras diferentes presentan diferencias significativas según la prueba de Tukey ($p < 0.05$).

El contenido de humedad aumentó de 63.12 % en el tratamiento control (P1T0) a 65.88 % en el tratamiento con 10 % de cushuro (P1T4). El ANOVA mostró que tanto la proporción de carne ($F = 163.70$; $p < 0.001$) como el nivel de incorporación de cushuro ($F = 1596.70$; $p < 0.001$) influyeron significativamente en este parámetro, mientras que la interacción entre ambos factores no fue significativa ($p = 0.872$). Una tendencia similar fue reportada por (Wang et al., 2025), quienes observaron un incremento de la humedad de 62.81 % a 77.85 % al sustituir parcialmente la carne de cerdo por tallos de *Agaricus bisporus*, atribuyéndolo al contenido de agua del

ingrediente y a la capacidad de la fibra dietaria para retener agua. En este sentido, el incremento observado en las hamburguesas con cushuro podría estar relacionado con sus componentes capaces de interactuar con el agua, favoreciendo una mayor humedad en el producto.

3.4. Análisis de proteínas

En la Tabla 4 se presentan los resultados del contenido de proteína. Se observó un incremento progresivo desde el tratamiento control (T0) hasta el tratamiento con 7 % de cushuro (T3), donde se registraron los mayores valores. En el tratamiento con 10 % de cushuro (T4) se observó una ligera disminución respecto a T3; sin embargo, los valores continuaron siendo superiores a los del tratamiento control. De manera general, las formulaciones con mayor proporción de carne de res presentaron un mayor contenido de proteína que aquellas con mayor proporción de carne de cerdo.

Tabla 5. Contenido de proteínas (%) de hamburguesas elaboradas con diferentes proporciones de carne de res: cerdo y niveles de incorporación de cushuro (n = 3). Análisis de proteínas

Tratamiento	Rep. 1 (%)	Rep. 2 (%)	Rep. 3 (%)
P1T0	18.72	18.66	18.70
P1T1	18.95	18.88	18.93
P1T2	19.26	19.18	19.23
P1T3	19.54	19.47	19.52
P1T4	19.43	19.36	19.41
P2T0	18.48	18.42	18.46
P2T1	18.76	18.69	18.74
P2T2	19.03	18.96	19.01
P2T3	19.29	19.22	19.27
P2T4	19.18	19.11	19.16
P3T0	18.23	18.17	18.21
P3T1	18.49	18.42	18.47
P3T2	18.78	18.71	18.76
P3T3	19.02	18.95	19.00
P3T4	18.91	18.84	18.89

Tabla 6. Media $\pm$ desviación estándar y comparación de medias mediante la prueba de Tukey del contenido de proteína (%) de las hamburguesas elaboradas con diferentes proporciones de carne de res: cerdo y niveles de incorporación de cushuro ($n = 3$).

Tratamiento Proteína (%) (Media $\pm$ DE) Grupo		
P1T0	18.69 $\pm$ 0.03	g
P1T1	18.92 $\pm$ 0.04	ef
P1T2	19.22 $\pm$ 0.04	cd
P1T3	19.51 $\pm$ 0.04	a
P1T4	19.40 $\pm$ 0.04	b
P2T0	18.45 $\pm$ 0.03	h
P2T1	18.73 $\pm$ 0.04	g
P2T2	19.00 $\pm$ 0.04	e
P2T3	19.26 $\pm$ 0.04	c
P2T4	19.15 $\pm$ 0.04	d
P3T0	18.20 $\pm$ 0.03	i
P3T1	18.46 $\pm$ 0.04	h
P3T2	18.75 $\pm$ 0.04	g
P3T3	18.99 $\pm$ 0.04	e
P3T4	18.88 $\pm$ 0.04	f

Nota. Los valores corresponden a la media $\pm$ desviación estándar de tres repeticiones ($n = 3$). Medias seguidas por letras diferentes indican diferencias significativas según la prueba de Tukey ($p < 0.05$).

El contenido de proteína aumentó de 18.69 % en el tratamiento control (P1T0) hasta 19.51 % con 7 % de cushuro (P1T3), seguido de una ligera disminución a 19.40 % al incorporar 10 % (P1T4). El ANOVA mostró que tanto la proporción de carne ($F = 729.79$; $p < 0.001$) como el nivel de incorporación de cushuro ($F = 780.45$; $p < 0.001$) influyeron significativamente en el contenido proteico, mientras que la interacción entre ambos factores no fue significativa ($p = 0.773$). Estos resultados guardan relación con lo reportado por (Li Valderrama et al., 2025), quienes desarrollaron una hamburguesa con harina de cushuro y otras fuentes proteicas, obteniendo 30.48 % de proteína en su formulación óptima y destacando el aporte proteico del cushuro. En este sentido, el incremento observado hasta el 7 % podría estar asociado al aporte nutricional de este ingrediente; sin embargo, la ligera reducción al 10 % indica que el aumento de proteína no fue proporcional a mayores niveles de incorporación.

3.5. Análisis de grasa

El contenido de grasa de las hamburguesas presentó una tendencia decreciente conforme aumentó el nivel de incorporación de cushuro, como se aprecia en la Tabla 5. Los mayores porcentajes se registraron en el tratamiento control (T0), mientras que los menores valores correspondieron al tratamiento con 10% de cushuro (T4). Asimismo, se observó que las formulaciones con mayor proporción de carne de cerdo presentaron un mayor contenido de grasa en comparación con aquellas con mayor proporción de carne de res.

Tabla 7. Contenido de grasa (%) de hamburguesas elaboradas con diferentes proporciones de carne de res: cerdo y niveles de incorporación de cushuro (n = 3).

Análisis de grasa

Tratamiento	Rep. 1 (%)	Rep. 2 (%)	Rep. 3 (%)
P1T0	11.84	11.66	11.77
P1T1	11.34	11.47	11.22
P1T2	10.91	10.78	11.06
P1T3	10.58	10.69	10.46
P1T4	10.06	9.91	10.15
P2T0	12.86	12.69	12.75
P2T1	12.37	12.53	12.25
P2T2	11.88	11.74	11.97
P2T3	11.43	11.62	11.50
P2T4	10.87	10.69	10.82
P3T0	13.95	13.72	13.81
P3T1	13.35	13.52	13.39
P3T2	12.95	12.77	12.86
P3T3	12.30	12.42	12.18
P3T4	11.72	11.58	11.67

Tabla 8. Media $\pm$ desviación estándar y comparación de medias mediante la prueba de Tukey del contenido de grasa (%) de las hamburguesas elaboradas con diferentes proporciones de carne de res: cerdo y niveles de incorporación de cushuro (n = 3).

Tratamiento	Grasa (%) (Media $\pm$ DE)	Grupo
P1T0	11.76 $\pm$ 0.09	ef
P1T1	11.34 $\pm$ 0.13	g
P1T2	10.92 $\pm$ 0.14	h
P1T3	10.58 $\pm$ 0.12	i

Tratamiento Grasa (%) (Media $\pm$ DE) Grupo		
P1T4	10.04 $\pm$ 0.12	j
P2T0	12.77 $\pm$ 0.09	c
P2T1	12.38 $\pm$ 0.14	d
P2T2	11.86 $\pm$ 0.12	e
P2T3	11.52 $\pm$ 0.10	fg
P2T4	10.79 $\pm$ 0.09	hi
P3T0	13.83 $\pm$ 0.12	a
P3T1	13.42 $\pm$ 0.09	b
P3T2	12.86 $\pm$ 0.09	c
P3T3	12.30 $\pm$ 0.12	d
P3T4	11.66 $\pm$ 0.07	efg

Nota. Los valores corresponden a la media $\pm$ desviación estándar de tres repeticiones (n = 3). Medias seguidas por letras diferentes indican diferencias significativas según la prueba de Tukey (p < 0.05).

El contenido de grasa disminuyó conforme aumentó el nivel de incorporación de cushuro, registrándose el mayor valor en P3T0 (13.83 %) y el menor en P1T4 (10.04 %). El ANOVA mostró que tanto la proporción de carne (F = 1119.24; p < 0.001) como el nivel de incorporación de cushuro (F = 442.29; p < 0.001) influyeron significativamente en el contenido de grasa. Asimismo, la interacción entre ambos factores fue significativa (F = 2.93; p = 0.015), indicando que la variación del contenido lipídico asociada al nivel de cushuro dependió de la proporción de carne utilizada. Estos resultados pueden relacionarse con lo reportado por (Sheda Méndez et al., 2023), quienes determinaron un bajo contenido de grasa en el cushuro (0.71 $\pm$ 0.02 %). En este sentido, la disminución observada podría deberse al efecto de la reformulación, ya que la incorporación progresiva de un ingrediente con bajo contenido lipídico modificó la composición relativa de la hamburguesa, sin que ello implique un efecto directo del cushuro sobre la grasa presente en la carne.

3.6. Análisis de ceniza

Los resultados del contenido de cenizas se presentan en la Tabla 6. Se observó un incremento progresivo del contenido de cenizas a medida que aumentó el nivel de incorporación de cushuro. Los valores más altos se registraron en el tratamiento con 10 % de cushuro (T4), mientras que el tratamiento control (T0) presentó los menores

porcentajes. En términos generales, las diferencias entre las proporciones de carne de res y cerdo fueron poco marcadas, observándose un comportamiento similar entre las tres formulaciones evaluadas.

**Tabla 9. Contenido de ceniza (%) de hamburguesas elaboradas con diferentes proporciones de carne de res: cerdo y niveles de incorporación de cushuro ($n = 3$).
Análisis de Ceniza**

Tratamiento	Rep. 1 (%)	Rep. 2 (%)	Rep. 3 (%)
P1T0	1.80	1.88	1.84
P1T1	1.91	1.96	1.87
P1T2	2.01	2.08	2.04
P1T3	2.18	2.14	2.20
P1T4	2.25	2.34	2.29
P2T0	1.77	1.85	1.81
P2T1	1.86	1.94	1.90
P2T2	2.00	2.07	2.03
P2T3	2.12	2.20	2.16
P2T4	2.30	2.26	2.33
P3T0	1.74	1.82	1.79
P3T1	1.89	1.85	1.92
P3T2	1.98	2.06	2.01
P3T3	2.15	2.12	2.18
P3T4	2.24	2.31	2.27

Tabla 10. Media $\pm$ desviación estándar y comparación de medias mediante la prueba de Tukey del contenido de cenizas (%) de las hamburguesas elaboradas con diferentes proporciones de carne de res: cerdo y niveles de incorporación de cushuro ($n = 3$).

Tratamiento	Cenizas (%) (Media $\pm$ DE)	Grupo
P1T0	1.84 $\pm$ 0.04	gh
P1T1	1.91 $\pm$ 0.05	fg
P1T2	2.04 $\pm$ 0.04	de
P1T3	2.17 $\pm$ 0.03	bc
P1T4	2.29 $\pm$ 0.05	a
P2T0	1.81 $\pm$ 0.04	gh
P2T1	1.90 $\pm$ 0.04	g
P2T2	2.03 $\pm$ 0.04	e
P2T3	2.16 $\pm$ 0.04	bc
P2T4	2.30 $\pm$ 0.04	a
P3T0	1.78 $\pm$ 0.04	h

P3T1	1.89 ± 0.04	gh
P3T2	2.02 ± 0.04	ef
P3T3	2.15 ± 0.03	cd
P3T4	2.27 ± 0.04	ab

Nota. Los valores corresponden a la media $\pm$ desviación estándar de tres repeticiones ($n = 3$). Medias seguidas por letras diferentes indican diferencias significativas según la prueba de Tukey ($p < 0.05$).

El contenido de cenizas aumentó progresivamente conforme se incrementó el nivel de incorporación de cushuro, alcanzando los mayores valores en P2T4 (2.30 %) y P1T4 (2.29 %). El ANOVA mostró que el nivel de cushuro ejerció un efecto significativo sobre este parámetro ($F = 230.01$; $p < 0.001$), mientras que la proporción de carne ($p = 0.103$) y la interacción entre ambos factores ($p = 0.997$) no presentaron efectos significativos. Este comportamiento concuerda con (Coveñas et al., 2020), quienes reportaron 7.77 % de cenizas en cushuro deshidratado, evidenciando su aporte de componentes minerales. Asimismo, (Chasquibol et al., 2025) identificaron cantidades importantes de calcio, hierro y magnesio en cushuro seco. En este sentido, el incremento de cenizas observado en las hamburguesas puede relacionarse con el aporte mineral del cushuro incorporado a la formulación.

3.7. Análisis de retención de agua

La Tabla 7 presenta los resultados de la capacidad de retención de agua (CRA). Se observó un incremento progresivo de la CRA con el aumento del nivel de incorporación de cushuro hasta el tratamiento con 7 % (T3), donde se registraron los mayores valores. En el tratamiento con 10 % (T4) se observó una ligera disminución; sin embargo, los valores permanecieron superiores a los obtenidos en el tratamiento control (T0). Asimismo, las formulaciones con mayor proporción de carne de res presentaron, en general, mayores valores de CRA que aquellas con mayor proporción de carne de cerdo.

Tabla 11. Contenido de retención de agua (%) de hamburguesas elaboradas con diferentes proporciones de carne de res: cerdo y niveles de incorporación de cushuro ($n = 3$). Análisis de retención de agua

Tratamiento	Rep. 1 (%)	Rep. 2 (%)	Rep. 3 (%)
P1T0	78.53	79.18	78.91
P1T1	80.47	80.12	79.84
P1T2	81.76	82.39	81.95
P1T3	83.61	83.08	83.47
P1T4	82.94	83.41	83.16
P2T0	79.21	79.63	79.37
P2T1	80.86	81.44	81.09
P2T2	82.68	82.97	82.51
P2T3	84.28	84.67	84.45
P2T4	83.87	84.15	84.36
P3T0	80.18	80.54	80.31
P3T1	81.82	82.24	82.05
P3T2	83.74	84.12	83.88
P3T3	85.33	85.71	85.49
P3T4	84.98	85.26	85.08

Tabla 12. Media $\pm$ desviación estándar y comparación de medias mediante la prueba de Tukey de la capacidad de retención de agua (CRA) (%) de las hamburguesas elaboradas con diferentes proporciones de carne de res: cerdo y niveles de incorporación de cushuro ($n = 3$)

Tratamiento	CRA (%) (Media $\pm$ DE)	Grupo
P1T0	78.87 $\pm$ 0.33	i
P1T1	80.14 $\pm$ 0.32	h
P1T2	82.03 $\pm$ 0.32	f
P1T3	83.39 $\pm$ 0.27	de
P1T4	83.17 $\pm$ 0.24	e
P2T0	79.40 $\pm$ 0.21	i
P2T1	81.13 $\pm$ 0.29	g
P2T2	82.72 $\pm$ 0.23	ef
P2T3	84.47 $\pm$ 0.20	bc
P2T4	84.13 $\pm$ 0.25	c
P3T0	80.34 $\pm$ 0.18	h
P3T1	82.04 $\pm$ 0.21	f
P3T2	83.91 $\pm$ 0.19	cd
P3T3	85.51 $\pm$ 0.19	a
P3T4	85.11 $\pm$ 0.14	ab

Nota. Los valores corresponden a la media $\pm$ desviación estándar de tres repeticiones ($n = 3$). Medias seguidas por letras diferentes indican diferencias significativas según la prueba de Tukey ($p < 0.05$).

En cuanto a la capacidad de retención de agua (CRA), se observó un incremento con la incorporación de cushuro hasta alcanzar el mayor valor de 85.51 % en el tratamiento P3T3, con 7 % de inclusión. El ANOVA mostró que tanto la proporción de carne ($F = 218.07$; $p < 0.001$) como el nivel de incorporación de cushuro ($F = 653.09$; $p < 0.001$) influyeron significativamente en la CRA, mientras que la interacción entre ambos factores no fue significativa ($p = 0.436$). Estos resultados guardan relación con lo reportado por (Chasquibol et al., 2025), quienes determinaron una capacidad de retención de agua de 3.0 ± 0.11 g/g en polisacáridos extraídos de *Nostoc sphaericum*. Asimismo, (Choque-Quispe et al., 2022a) destacaron la capacidad de unión y las propiedades funcionales de los hidrocoloides obtenidos de *N. sphaericum*. En la matriz cárnica de res y cerdo, estos componentes podrían contribuir, junto con las proteínas cárnicas, a mantener una mayor cantidad de agua dentro de la estructura de la hamburguesa. Sin embargo, la ligera disminución observada al 10 % indica que el incremento de la CRA no fue proporcional a mayores niveles de cushuro.

3.8. Estabilidad de emulsión

En la Tabla 8 se presentan los resultados de la estabilidad de emulsión (%) de las hamburguesas elaboradas con diferentes proporciones de carne de res: cerdo y niveles de incorporación de cushuro. Se observa una tendencia creciente en la estabilidad de emulsión desde el tratamiento control (T0) hasta el tratamiento con 7% de cushuro (T3), donde se registraron los valores más altos. En el tratamiento con 10% (T4) se evidenció una ligera disminución respecto a T3; sin embargo, los valores permanecieron superiores a los del tratamiento control. Asimismo, las formulaciones con mayor proporción de carne de res presentaron, en general, una mayor estabilidad de emulsión que aquellas con mayor proporción de carne de cerdo.

Tabla 13. Contenido de estabilidad de emulsión (%) de hamburguesas elaboradas con diferentes proporciones de carne de res: cerdo y niveles de incorporación de cushuro ($n = 3$). Análisis de estabilidad de emulsión

Tratamiento	Rep. 1	Rep. 2	Rep. 3
P1T0	86.42	86.18	86.31
P1T1	88.17	88.45	88.29
P1T2	89.84	90.12	89.97
P1T3	91.38	91.11	91.27
P1T4	90.96	91.24	91.08
P2T0	84.87	85.12	84.96
P2T1	86.93	87.18	87.05
P2T2	88.51	88.74	88.62
P2T3	90.21	90.46	90.33
P2T4	89.92	90.13	90.05
P3T0	83.36	83.58	83.47
P3T1	85.29	85.57	85.42
P3T2	86.98	87.23	87.08
P3T3	88.56	88.82	88.69
P3T4	88.18	88.43	88.31

Tabla 14. Media $\pm$ desviación estándar y comparación de medias mediante la prueba de Tukey de la estabilidad de emulsión (%) de las hamburguesas elaboradas con diferentes proporciones de carne de res: cerdo y niveles de incorporación de cushuro ($n = 3$).

Tratamiento	Estabilidad de emulsión (%) (Media $\pm$ DE)	Grupo
P1T0	86.30 $\pm$ 0.12	f
P1T1	88.30 $\pm$ 0.14	d
P1T2	89.98 $\pm$ 0.14	b
P1T3	91.25 $\pm$ 0.14	a
P1T4	91.09 $\pm$ 0.14	a
P2T0	84.98 $\pm$ 0.13	h
P2T1	87.05 $\pm$ 0.13	e
P2T2	88.62 $\pm$ 0.12	cd
P2T3	90.33 $\pm$ 0.13	b
P2T4	90.03 $\pm$ 0.11	b
P3T0	83.47 $\pm$ 0.11	i
P3T1	85.43 $\pm$ 0.14	g
P3T2	87.10 $\pm$ 0.13	e
P3T3	88.69 $\pm$ 0.13	c
P3T4	88.31 $\pm$ 0.13	cd

Nota. Los valores corresponden a la media $\pm$ desviación estándar de tres repeticiones ($n = 3$). Medias seguidas por letras diferentes indican diferencias significativas según la prueba de Tukey ($p < 0.05$).

La estabilidad de emulsión alcanzó su mayor valor en P1T3 (91.25 %), mientras que P1T4 presentó un valor estadísticamente similar (91.09 %). El ANOVA evidenció que la proporción de carne ($F = 1807.14$; $p < 0.001$) y el nivel de incorporación de cushuro ($F = 2574.55$; $p < 0.001$) influyeron significativamente en este parámetro, sin observarse interacción significativa entre ambos factores ($p = 0.112$). Estos resultados guardan relación con lo señalado por (Bao et al., 2025), quienes destacan que los hidrocoloides polisacáridos pueden favorecer la estabilidad de sistemas cárnicos emulsionados debido a sus propiedades estabilizantes y su participación en la formación de la estructura del producto. En este caso, los polisacáridos presentes en el cushuro podrían haber contribuido al equilibrio entre los componentes acuosos, lipídicos y proteicos de la hamburguesa, favoreciendo la estabilidad de la emulsión.

3.9. Pérdida por cocción

Los resultados de la pérdida por cocción (%) se presentan en la Tabla 9. Se aprecia una disminución progresiva de este parámetro conforme aumentó el nivel de incorporación de cushuro hasta el tratamiento con 7% (T3), el cual registró los menores valores. En el tratamiento con 10% (T4) se observó un ligero incremento respecto a T3, aunque la pérdida por cocción continuó siendo inferior a la del tratamiento control. De manera general, las formulaciones con mayor proporción de carne de res mostraron menores pérdidas por cocción en comparación con aquellas con mayor proporción de carne de cerdo.

Tabla 15. Contenido de pérdida por cocción (%) de hamburguesas elaboradas con diferentes proporciones de carne de res: cerdo y niveles de incorporación de cushuro ($n = 3$). Análisis de pérdida por cocción

Tratamiento	Rep. 1	Rep. 2	Rep. 3
P1T0	27.14	26.91	27.23
P1T1	24.71	24.56	24.83
P1T2	23.28	23.06	23.41
P1T3	20.86	21.08	20.95
P1T4	21.29	21.11	21.38

P2T0	29.16	29.42	29.28
P2T1	26.52	26.69	26.44
P2T2	24.21	24.38	24.09
P2T3	22.48	22.69	22.56
P2T4	22.02	21.84	22.15
P3T0	30.88	31.11	30.96
P3T1	27.94	28.18	28.06
P3T2	26.54	26.73	26.61
P3T3	24.43	24.67	24.55
P3T4	24.92	25.11	24.98

Tabla 16. Media $\pm$ desviación estándar y comparación de medias mediante la prueba de Tukey de la pérdida por cocción (%) de las hamburguesas elaboradas con diferentes proporciones de carne de res: cerdo y niveles de incorporación de cushuro ($n = 3$).

Tratamiento Pérdida por cocción (%) (Media $\pm$ DE) Grupo		
P1T0	27.09 $\pm$ 0.17	d
P1T1	24.70 $\pm$ 0.14	fg
P1T2	23.25 $\pm$ 0.18	i
P1T3	20.96 $\pm$ 0.11	l
P1T4	21.26 $\pm$ 0.14	l
P2T0	29.29 $\pm$ 0.13	b
P2T1	26.55 $\pm$ 0.13	e
P2T2	24.23 $\pm$ 0.15	h
P2T3	22.58 $\pm$ 0.11	j
P2T4	22.00 $\pm$ 0.16	k
P3T0	30.98 $\pm$ 0.12	a
P3T1	28.06 $\pm$ 0.12	c
P3T2	26.63 $\pm$ 0.10	e
P3T3	24.55 $\pm$ 0.12	gh
P3T4	25.00 $\pm$ 0.10	f

Nota. Los valores corresponden a la media $\pm$ desviación estándar de tres repeticiones ($n = 3$). Medias seguidas por letras diferentes indican diferencias significativas según la prueba de Tukey ($p < 0.05$).

La pérdida por cocción disminuyó con la incorporación de cushuro, registrándose los menores valores en P1T3 (20.96 %) y P1T4 (21.26 %), sin diferencias significativas entre ambos tratamientos. El ANOVA evidenció que la proporción de carne ($F = 2830.85$; $p < 0.001$) y el nivel de cushuro ($F = 3828.30$; $p < 0.001$) influyeron

significativamente en este parámetro; asimismo, la interacción entre ambos factores fue significativa ($F = 22.42$; $p < 0.001$), indicando que la respuesta durante la cocción dependió de la combinación de carne y cushuro. Este comportamiento guarda relación con (Van Buren et al., 2023), quienes observaron que el uso de ingredientes con capacidad de unión al agua en hamburguesas de res favoreció la retención de humedad y el rendimiento del producto. De manera similar, (M. Han & Bertram, 2017) señalaron que los componentes fibrosos pueden reducir las pérdidas por cocción al favorecer la retención de agua en la matriz cárnica. En las hamburguesas evaluadas, la disminución de este parámetro podría estar asociada con una mayor conservación de agua durante el calentamiento, aunque el efecto observado dependió de la proporción de carne de res y cerdo utilizada.

3.10. Análisis sensorial

La aceptación de las hamburguesas elaboradas a base de mezclas de carne de vacuno y porcino con distintos niveles de incorporación de cushuro fue evaluada por un panel de 30 jueces no entrenados. La prueba sensorial se llevó a cabo utilizando fichas estandarizadas con una escala hedónica de 9 puntos.

Para evitar sesgos por el orden de presentación, las muestras fueron codificadas con números aleatorios de tres dígitos y servidas en orden aleatorio. Entre cada evaluación, los participantes realizaron enjuagues con agua destilada, garantizando condiciones adecuadas para la degustación.

Se consideraron atributos como color, aroma, sabor, textura, jugosidad y aceptación global, los cuales son determinantes en la calidad sensorial de productos cárnicos procesados. Los promedios reportados evidencian diferencias entre tratamientos, lo que confirma que la inclusión de cushuro influyó en la percepción del consumidor.

En términos generales, las formulaciones con niveles intermedios de cushuro obtuvieron mejores puntuaciones que el control y aquellas con mayor porcentaje de sustitución, lo que indica que una adición moderada mejora las propiedades sensoriales sin alterar las características esperadas de una hamburguesa convencional.

De forma específica, el tratamiento P2T2 (50% carne de res, 50% carne de cerdo y 5% de cushuro) presentó los valores más altos, con una aceptabilidad global de 8.47 ± 0.20 , sabor de 8.48 ± 0.20 , textura de 8.43 ± 0.21 y jugosidad de 8.51 ± 0.19 . Esto demuestra que el equilibrio entre ambas carnes proporcionó una base adecuada, mientras que el 5% de cushuro mejoró la textura y jugosidad sin generar sabores extraños.

Por otro lado, las formulaciones con 3% de cushuro (T1) mantuvieron valores superiores a 7, reflejando un desempeño aceptable. Sin embargo, al aumentar la concentración al 10% (T4) se observó una disminución en atributos como color, aroma y sabor, atribuida a la alteración de las características propias del producto cárnico. Aun así, todas las muestras superaron el nivel mínimo de aceptación establecido.

La mejora en textura y jugosidad en los tratamientos intermedios se relaciona con la composición del cushuro, rico en hidrocoloides y polisacáridos con alta capacidad de retención de agua. Estos compuestos favorecen la conservación de la humedad durante la cocción, reduciendo la pérdida de agua y evitando el secado del producto, lo cual concuerda con los valores de capacidad de retención de agua (CRA) y la estabilidad estructural observada.

En conclusión, los resultados indican que la incorporación del 5% de cushuro representa el punto óptimo de equilibrio entre calidad tecnológica y aceptación sensorial, consolidándose como un ingrediente funcional viable en productos cárnicos.

Tabla 17. Evaluación sensorial de hamburguesas elaboradas con diferentes proporciones de carne de res: cerdo y niveles de incorporación de cushuro (media $\pm$ desviación estándar; $n = 30$).

Tratamiento	Color	Aroma	Sabor	Textura	Jugosidad	Aceptabilidad general
P1T0	7.28 ± 0.44	7.23 ± 0.46	7.30 ± 0.41	7.35 ± 0.40	7.39 ± 0.39	7.34 ± 0.41
P1T1	7.55 ± 0.39	7.51 ± 0.40	7.61 ± 0.37	7.65 ± 0.36	7.70 ± 0.35	7.63 ± 0.36
P1T2	7.94 ± 0.33	7.89 ± 0.34	8.02 ± 0.31	8.00 ± 0.30	8.07 ± 0.29	8.02 ± 0.30
P1T3	7.76 ± 0.36	7.72 ± 0.37	7.80 ± 0.34	7.84 ± 0.34	7.90 ± 0.33	7.82 ± 0.34
P1T4	7.20 ± 0.45	7.14 ± 0.47	7.08 ± 0.45	7.18 ± 0.44	7.24 ± 0.42	7.15 ± 0.44

P2T0	7.41±0.40	7.36±0.39	7.46±0.37	7.50±0.36	7.54±0.36	7.47±0.37
P2T1	7.83±0.33	7.79±0.34	7.91±0.31	7.95±0.30	8.00±0.30	7.95±0.31
P2T2	8.36±0.24	8.31±0.24	8.48±0.20	8.43±0.21	8.51±0.19	8.47±0.20
P2T3	7.92±0.31	7.87±0.32	7.98±0.30	8.02±0.29	8.07±0.28	8.00±0.29
P2T4	7.28±0.42	7.22±0.44	7.16±0.42	7.25±0.42	7.30±0.40	7.24±0.41
P3T0	7.23±0.41	7.18±0.42	7.26±0.40	7.30±0.39	7.36±0.38	7.28±0.39
P3T1	7.54±0.37	7.50±0.38	7.61±0.35	7.67±0.34	7.72±0.33	7.65±0.34
P3T2	7.88±0.32	7.84±0.33	7.96±0.30	8.00±0.29	8.04±0.28	7.98±0.29
P3T3	7.62±0.35	7.57±0.36	7.68±0.34	7.73±0.33	7.79±0.32	7.71±0.33
P3T4	7.12±0.46	7.08±0.47	7.02±0.45	7.10±0.44	7.16±0.43	7.09±0.44

Nota. Todos los tratamientos ensayados se ubicaron por encima del valor 7, lo que confirma un perfil de aceptación adecuado.

3.11. Selección del tratamiento óptimo

La selección de la formulación óptima se efectuó mediante un análisis conjunto de los resultados bromatológicos, físicos y sensoriales obtenidos en las etapas anteriores del estudio. Para ello, se evaluó el efecto de cada tratamiento sobre la composición proximal (humedad, proteínas, grasas y cenizas), relacionándola con indicadores tecnológicos como la capacidad de retención de agua, la pérdida de peso por cocción, la estabilidad de la emulsión y la aceptabilidad hedónica.

Los resultados fisicoquímicos mostraron que el incremento de cushuro en la formulación elevó el contenido de humedad y cenizas del producto final, mientras que la fracción proteica se mantuvo relativamente constante y el contenido de grasa disminuyó progresivamente respecto al control. Asimismo, los ensayos tecnológicos confirmaron que el cushuro actúa como un agente estabilizante durante la cocción, reduciendo la pérdida de agua gracias a la interacción de sus polisacáridos con la fase acuosa de la carne.

En el análisis sensorial, el tratamiento P2T2 (50% carne de vacuno, 50% carne de porcino y 5% de cushuro) destacó frente a las demás formulaciones en todos los atributos evaluados (color, aroma, sabor, textura, jugosidad y aceptación global),

alcanzando una aceptabilidad general de 8.47 ± 0.20 . Este resultado demuestra que el 5% de inclusión permite mejorar el comportamiento físico del producto sin afectar negativamente sus características sensoriales.

Aunque el tratamiento con 7% de cushuro (T3) presentó mejores resultados en parámetros tecnológicos como la capacidad de retención de agua y ciertos indicadores nutricionales, mostró una leve reducción en la aceptación sensorial en comparación con P2T2. Considerando que un producto alimentario debe equilibrar tanto el rendimiento tecnológico como la aceptación del consumidor, se priorizó la formulación con mejor desempeño global.

En conclusión, el tratamiento P2T2 (50% vacuno, 50% porcino y 5% de cushuro) se definió como la formulación óptima, al lograr el mejor balance entre calidad nutricional, propiedades tecnológicas y aceptabilidad sensorial, consolidándose como una alternativa viable para el desarrollo de productos cárnicos funcionales con insumos andinos.

3.12. Discusión del análisis sensorial

Los resultados del análisis sensorial mostraron una mayor aceptación de las hamburguesas con niveles intermedios de cushuro, destacando el tratamiento P2T2 (50 % de carne de res, 50 % de carne de cerdo y 5 % de cushuro), que obtuvo la mayor aceptabilidad general (8.47 ± 0.20), además de las mejores puntuaciones en sabor, textura y jugosidad. En contraste, la incorporación del 10 % produjo una disminución en la valoración del color, aroma y sabor, aunque todas las formulaciones mantuvieron puntuaciones superiores a 7. Este comportamiento puede contrastarse con (Carrasco et al., 2026), quienes evidenciaron que la incorporación de cushuro modifica las propiedades físicas y texturales de matrices alimentarias con características tipo cárnico, destacando la importancia del nivel empleado en la formulación. Asimismo, (Choque-Quispe et al., 2022) señalaron que los hidrocoloides de *Nostoc sphaericum* presentan propiedades tecnofuncionales de unión y estabilización, las cuales podrían relacionarse con la percepción favorable de la textura y jugosidad observada en P2T2. Por otro lado, (Anchayhua Chate & Málaga Juárez, 2025) reportaron diferencias en la aceptabilidad sensorial de formulaciones de un snack con cushuro, evidenciando que el equilibrio de los componentes de la formulación influye en la respuesta del consumidor. En conjunto,

los resultados obtenidos indican que el 5 % de cushuro, combinado con proporciones iguales de carne de res y cerdo, presentó el mejor desempeño sensorial entre los tratamientos evaluados.

Conclusión

La incorporación de cushuro andino (*Nostoc sphaericum*) demostró tener un efecto favorable sobre la calidad de las hamburguesas elaboradas con carne de res y cerdo, al mejorar sus características fisicoquímicas y tecnológicas, principalmente la capacidad de retención de agua, la estabilidad de emulsión y el rendimiento durante la cocción. Asimismo, su adición permitió incrementar el contenido de humedad y cenizas, mantener un adecuado aporte proteico y reducir progresivamente el contenido de grasa. Sin embargo, los niveles más altos de cushuro no representaron una mejora proporcional y mostraron una ligera disminución en la aceptación sensorial. En este sentido, el tratamiento P2T2, con una proporción equilibrada de carne de res y cerdo y 5 % de cushuro, presentó el mejor balance entre calidad tecnológica, composición y aceptabilidad sensorial. Por ello, el cushuro representa un ingrediente con potencial para el desarrollo de productos cárnicos funcionales, contribuyendo además a la valorización de un recurso alimentario andino.

Referencias bibliográficas

- Anchayhua Chate, M. I., & Málaga Juárez, J. A. (2025). Aporte nutricional y aceptabilidad de un producto tipo snack con *Nostoc sphaericum*. *INGENIERÍA INVESTIGA*, 7. <https://doi.org/10.47796/ing.v7i00.1215>
- AOAC 960.39: *Ether Extract in Meat* | PDF. (s. f.). Scribd. Recuperado 5 de junio de 2026, de <https://www.scribd.com/document/539199358/AOAC-960-39-Fat-Crude-or-Ether-Extract-in-Meat>
- Bao, H., Wang, Y., Huang, Y., Zhang, Y., & Dai, H. (2025). The Beneficial Role of Polysaccharide Hydrocolloids in Meat Products: A Review. *Gels*, 11(1), 55. <https://doi.org/10.3390/gels11010055>

Bautista Gomez, R., & Ceron Quispe, J. L. (2025). *Desarrollo de un embutido a base de carne de alpaca (Lama pacos) enriquecido con cushuro*.
<https://hdl.handle.net/20.500.14612/8539>

Carrasco, W., Leon, A. M., Moreno, M. C., & Medina, W. T. (2026). Cushuro (*Nostoc sphaericum*): A potential ingredient for the development of high-moisture extruded meat analogues. *Applied Food Research*, 6(1), 101794.
<https://doi.org/10.1016/j.afres.2026.101794>

Chasquibol, N., Sotelo, A., Tapia, M., Paredes, Y., Sajid, A., Sahin, S., Wu, M., & Goycoolea, F. M. (2025). Extracción y caracterización de polisacáridos de cushuro (*Nostoc sphaericum*). *LWT*, 230, 118239.
<https://doi.org/10.1016/j.lwt.2025.118239>

Choi, Y.-S., Choi, J.-H., Han, D.-J., Kim, H.-Y., Lee, M.-A., Kim, H.-W., Jeong, J.-Y., & Kim, C.-J. (2009). Characteristics of low-fat meat emulsion systems with pork fat replaced by vegetable oils and rice bran fiber. *Meat Science*, 82(2), 266-271.
<https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2009.01.019>

Choque-Quispe, D., Mojo-Quisani, A., Ligarda-Samanez, C. A., Calla-Florez, M., Ramos-Pacheco, B. S., Zamalloa-Puma, L. M., Peralta-Guevara, D. E., Solano-Reynoso, A. M., Choque-Quispe, Y., Zamalloa-Puma, A., Palomino-Malpartida, Y. G., Medina-Quiquin, L. D., & Kari-Ferro, A. (2022a). Preliminary Characterization of a Spray-Dried Hydrocolloid from a High Andean Algae (*Nostoc sphaericum*). *Foods*, 11(11), 1640.
<https://doi.org/10.3390/foods11111640>

Choque-Quispe, D., Mojo-Quisani, A., Ligarda-Samanez, C. A., Calla-Florez, M., Ramos-Pacheco, B. S., Zamalloa-Puma, L. M., Peralta-Guevara, D. E., Solano-Reynoso, A. M., Choque-Quispe, Y., Zamalloa-Puma, A., Palomino-Malpartida, Y. G., Medina-Quiquin, L. D., & Kari-Ferro, A. (2022b). Preliminary Characterization of a Spray-Dried Hydrocolloid from a High Andean Algae (*Nostoc sphaericum*). *Foods*, 11(11), 1640.
<https://doi.org/10.3390/foods11111640>

- Coveñas, R. E. A., Pereda, M. C. O., & Leiva, A. Y. A. (2020). Analisis proximal y contenido de hierro y calcio de *Nostoc sphaericum* “cushuro” deshidratado procedente de la laguna de Conococha, Catac – Huaraz. *UCV-Scientia*, 12(2), 137-149. <https://doi.org/10.18050/revucv-scientia.v12i2.913>
- Gamarra Salcedo, R. S. (2023). *Estudio de prefactibilidad para la instalación de una planta procesadora de hamburguesas de carne de res (Bos primigenius taurus) enriquecidas con harina de semilla de moringa oleifera*. <https://repositorio.ulima.edu.pe/handle/20.500.12724/20095>
- Graciano Cristóbal, M. J., Rodríguez Carpena, J. G., Sumaya Martínez, M. T., Balois Morales, R., Jiménez Ruiz, E. I., Rosales, P. U. B., Graciano Cristóbal, M. J., Rodríguez Carpena, J. G., Sumaya Martínez, M. T., Balois Morales, R., Jiménez Ruiz, E. I., & Rosales, P. U. B. (2022). Efecto de extractos naturales sobre la estabilidad oxidativa de hamburguesas de carne de cerdo durante el almacenamiento refrigerado. *Revista mexicana de ciencias pecuarias*, 13(2), 323-339. <https://doi.org/10.22319/rmcp.v13i2.5759>
- Han, M., & Bertram, H. C. (2017). Designing healthier comminuted meat products: Effect of dietary fibers on water distribution and texture of a fat-reduced meat model system. *Meat Science*, 133, 159-165. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2017.07.001>
- Han, Z., Liu, S., Cao, J., Yue, X., & Shao, J.-H. (2024). A review of oil and water retention in emulsified meat products: The mechanisms of gelation and emulsification, the application of multi-layer hydrogels. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 64(23), 8308-8324. <https://doi.org/10.1080/10408398.2023.2199069>
- Kausar, T., EntesarHanan, Ayob, O., Praween, B., & Azad, Z. (2019). A review on functional ingredients in red meat products. <https://doi.org/10.6026/97320630015358>
- Li Valderrama, D. C., Palacios Carrasco, J. C., & Chasquibol Silva, N. A. (2025). *DESARROLLO DE UNA HAMBURGUESA PLANT-BASED CON HARINA DE TARWI (Lupinus mutabilis), FREJOL NEGRO (Phaseolus vulgaris) Y HARINA*

DE CUSHURO (*Nostoc sphaericum* s.p.) | *Revista de la Sociedad Química del Perú*. <https://doi.org/https://doi.org/10.37761/rsqp.v9i1.496>

Macho-González, A., Bastida, S., Garcimartín, A., López-Oliva, M. E., González, P., Benedí, J., González-Muñoz, M. J., & Sánchez-Muniz, F. J. (2021). Functional Meat Products as Oxidative Stress Modulators: A Review. *Advances in Nutrition*, 12(4), 1514-1539. <https://doi.org/10.1093/advances/nmaa182>

R Foundation for Statistical Computing. (s. f.). Recuperado 5 de junio de 2026, de <https://www.r-project.org/foundation/>

Serdaroğlu, M., Serpil Kavuşan, H., Nacak, B., & İpek, G. (2018). *An Approach to Manufacture of Fresh Chicken Sausages Incorporated with Black Cumin and Flaxseed Oil in Water Gelled Emulsion—PMC*. <https://doi.org/10.5851/kosfa.2020.e23>

Sheda Méndez, A., Renzo Pepe, V., Soto Gonzales, H. H., Zambrano Cabanillas, A. W., Machuca, O. M., Zapata Rojas, J. C., Maquera Maquera, M., Huanca Fernández, R., Aguilera Gonzales, J., Zuffo, M. A., & Ratke, R. F. (2023). *Evaluación físicoquímica del cushuro (Nostoc sphaericum Vaucher ex Bornet & Flahault) en la región de Moquegua para fines alimentarios*. 12(10). <https://doi.org/10.3390/foods12101939>

Van Buren, J. B., Puga, K. J., Hoffman, K. C., Nasados, J. A., Bass, P. D., & Colle, M. J. (2023). Water binders in beef patties increase yield and extend shelf life. *Translational Animal Science*, 7(1), txad091. <https://doi.org/10.1093/tas/txad091>

Wang, L., Li, S., Tu, H., Yan, X., Hu, Z., & Sun, H. (2025). *Physicochemical and Sensory Properties of Pork Patties with Partial Replacement of Lean Pork by Stalks of Agaricus bisporus*. *Foods* 2025, 14 (21), 3655. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/foods14213655>

AOAC International. (2019). *Official methods of analysis of AOAC International* (21st ed.).

Financiamiento de la investigación

Con recursos propios.

Declaración de intereses

Declaro no tener ningún conflicto de intereses, que puedan haber influido en los resultados obtenidos o las interpretaciones propuestas.

Declaración de consentimiento informado

El estudio se realizó respetando el Código de ética y buenas prácticas editoriales de publicación.

Derechos de uso

Copyright© 2026 por **Juan Carlos Hernández Vizarreta, Renzo Gabriel Alexander Rivera Saquiray, Manuel Angel Melgar Bautista, Zorayda Anyela Sulca Choque, Leyla Dayana Quispe Simón, Rosalinda Paula Vasquez Rojas**



Este texto está protegido por la Licencia Creative Commons Atribución 4.0 Internacional.

Usted es libre para compartir, copiar y redistribuir el material en cualquier medio o formato y adaptar el documento, remezclar, transformar y crear a partir del material para cualquier propósito, incluso comercialmente, siempre que cumpla la condición de atribución: usted debe reconocer el crédito de una obra de manera adecuada, proporcionar un enlace a la licencia, e indicar si se han realizado cambios. Puede hacerlo en cualquier forma razonable, pero no de forma tal que sugiera que tiene el apoyo del licenciante o lo recibe por el uso que hace.