

**Universidad Zamorano**  
**Departamento de Agroindustria Alimentaria**  
**Ingeniería en Agroindustria Alimentaria**



**Universidad  
Zamorano®**

Proyecto Especial de Graduación

**Desarrollo de un chorizo cocido con mezclas de proteína de fuente  
cárnica y de soya (*Gycine Max*), para mejorar el perfil de sostenibilidad  
del producto.**

Estudiante

Marleny Elizabeth Xon Rucuch

Asesores

Adela Acosta, Disco.

Ronald Maldonado PhD.

Honduras, noviembre 2025

## **Autoridades**

**KEITH L. ANDREWS**

Rector i.a.

**ANA M. MAIER ACOSTA**

Vicepresidenta y Decana Académica

**ADELA M ACOSTA MARCHETTI**

Directora del Departamento de Agroindustria Alimentaria

**JULIO NAVARRO**

Secretario General

## Contenido

Índice de Cuadros.....	5
Índice de Anexos .....	6
Resumen .....	7
Abstract .....	8
Introducción.....	9
Materiales y Métodos .....	14
Ubicación del Estudio.....	14
Materia Prima .....	14
Tratamientos y Formulación .....	15
Proceso para la Elaboración del Chorizo Cocido .....	16
Recepción de Materia Prima.....	17
Pesado de Ingredientes.....	17
Molienda .....	17
Mezclado.....	17
Embutido.....	17
Enfriamiento .....	18
Empacado.....	18
Almacenamiento.....	18
Análisis Microbiológico .....	18
Bacterias Mesófilas Aerobias (BMA).....	18
Coliformes Totales.....	19
Análisis Físicoquímicos .....	19
Color.....	19
Potencial de Hidrogeno (pH).....	20
Rendimiento de Cocción .....	20

Textura (Fuerza de Corte).....	20
Análisis Sensorial.....	21
Análisis Estadístico .....	21
Resultados y Discusión .....	23
Análisis Físicoquímico .....	23
pH.....	23
Rendimiento de Cocción .....	24
Fuerza de Corte.....	25
Color en Escala L .....	26
Color en Escala a* .....	27
Color en Escala b* .....	28
Análisis Microbiológicos.....	30
Análisis Sensorial.....	31
Apariencia .....	31
Color.....	32
Olor .....	33
Sabor .....	34
Textura.....	35
Aceptación General.....	36
Análisis de Correlación.....	38
Análisis Prueba de Preferencia.....	38
Conclusiones .....	40
Recomendaciones .....	41
Referencias.....	42
Anexos.....	47

### índice de Cuadros

Cuadro 1 Perfil nutricional del concentrado de proteína de soya de arcon® sm por 100 gramos, empleados en la formulación como sustitución de res en los tratamientos de chorizo cocido.....	14
Cuadro 2 Formulaciones para chorizo cocido de acuerdo con su contenido de concentrado de proteína de soya para un peso base de kg. ....	15
Cuadro 3 Detalle de los tratamientos en función a la sustitución de la carne de res con concentrado de proteína de soya (cps) y agua.....	16
Cuadro 4 Promedio y desviación estándar (D.E.) De ph, rendimiento de cocción y fuerza de corte, de los tratamientos de chorizo cocido con sustituciones de carne de res por concentrado de proteína de soya y agua.....	26
Cuadro 5 Datos promedio y desviación estándar (D.E.) De los parámetros de color, en escala de valor l, a* y b* de los tratamientos de un chorizo cocido con sustitución de carne de res por concentrado de proteína de soya y agua. ....	29
Cuadro 6 Valor y promedio y desviación estándar (D.E.) Del conteo de coliformes totales y bacterias mesófilas aerobias. ....	31
Cuadro 7 Promedio y desviación estándar (D.E.) De atributos de apariencia, color y olor, de los tratamientos de chorizo cocido con sustituciones de carne de res por concentrado de proteína de soya y agua. ....	34
Cuadro 8 Promedio y desviación estándar (D.E.) De atributos de sabor, textura y aceptación general de los tratamientos de chorizo cocido con sustituciones de carne de res por concentrado de proteína de soya y agua.....	37
Cuadro 9 Resultados de análisis de correlación de los atributos apariencia, color, olor, sabor y textura con la aceptación general de tratamientos en la sustitución de chorizo cocido. ....	38
Cuadro 10 Resultados de análisis sensorial de preferencia haciendo uso de la tabla de basker y kramer en el chorizo cocido con sustitución de concentrado de proteína de soya. ....	39

### Índice de Anexos

Anexo A Boleta de evaluación sensorial.....	47
Anexo B Tabla de prueba de basker y kramer “valor crítico de diferencia entre suma” .....	48
Anexo C Resultados de análisis de correlación de los atributos apariencia, color, olor, sabor y textura con la aceptación general de tratamientos en la sustitución de chorizo cocido .....	49

## Resumen

En la actualidad, la industria cárnica enfrenta el desafío de responder a la creciente demanda de los consumidores por alimentos más saludables y sostenibles. En este contexto, ha surgido una tendencia creciente a mezclar proteínas de origen vegetal con proteínas pecuarias, buscando reducir el impacto ambiental sin comprometer la calidad de los productos. Este estudio tuvo como objetivo desarrollar un chorizo cocido más sostenible mediante la sustitución de carne de res por concentrado de proteína de soya (CPS) y agua (relación 1:3). El estudio se desarrolló con tres tratamientos: Tratamiento 1, el control (sin sustitución), Tratamiento 2, sustitución parcial de carne de res (50%) y Tratamiento 3, sustitución total de la carne de res de la formulación (100%). El análisis fisicoquímico mostró que no hubo diferencias significativas en pH, rendimiento de cocción, ni textura, entre tratamientos. Sin embargo, niveles más altos de sustitución incrementaron la luminosidad y tonalidades amarillentas, lo que influyó en la apariencia del producto. Los resultados microbiológicos evidenciaron ausencia de coliformes y bajos recuentos de bacterias mesófilas aerobias en todos los tratamientos, garantizando la inocuidad. La evaluación sensorial indicó que la sustitución parcial del 50% mantuvo una aceptación comparable al control en apariencia, textura y aceptación general, mientras que la sustitución total redujo la aceptabilidad, principalmente en sabor y olor debido a notas características de la soya. La sustitución parcial del 50% con CPS y agua, en relación 1:3, se estableció como una estrategia viable para preservar la calidad tecnológica y sensorial, al mismo tiempo que contribuye a la sostenibilidad y responde a las tendencias de consumo responsable.

*Palabras clave:* Análogo, embutido, propiedades sensoriales, rendimiento, sostenibilidad.

### **Abstract**

Today, the meat industry faces the challenge of meeting the growing demand for healthier and more sustainable foods. In this context, there is a growing trend to mix plant proteins with animal proteins, aiming to reduce environmental impact without compromising product quality. This study aimed to develop a more sustainable cooked sausage by replacing beef with soy protein concentrate (SPC) and water (1:3 ratio). The study was conducted with three treatments: Treatment 1, the control (no replacement), Treatment 2 - partial beef replacement (50%) and Treatment 3, total beef replacement (100%). Physicochemical analysis showed no significant differences in pH, cooking yield, or texture among treatments. However, higher replacement levels increased brightness and yellow tones, affecting the product's appearance. Microbiological results showed no coliforms and low counts of aerobic mesophilic bacteria in all treatments, ensuring safety. Sensory evaluation indicated that 50% replacement-maintained acceptance comparable to the control in appearance, texture, and overall liking, while total replacement reduced acceptability, mainly in taste and smell due to soy notes. Partial 50% replacement with SPC and water, in a 1:3 ratio, was established as a workable strategy to preserve technological and sensory quality, while contributing to sustainability and responding to responsible consumption trends.

**Keywords:** Analogue, sausage, sensory properties, sustainability, yield.

## Introducción

En la industria cárnica la producción de embutidos forma un segmento muy importante a nivel global, esto se debe, a la capacidad de ser aceptada en diferentes contextos culturales y alto valor agregado, a diferencia de carne fresca (Lewisch y Riefler, 2023). El chorizo, es un producto cárnico, mezclado, embutido y cocido, elaborado por carne de res, cerdo, grasa, condimentos, aditivos funcionales, y puede utilizarse una tripa sintética o natural para embutirlos (Departamento de Agricultura de los Estados Unidos [USDA], 2021). Este es sometido a un proceso de cocción térmica alcanzando los 72 °C en el centro del producto, lo que, permite el aseguramiento de la coagulación de proteínas, estabilización de la emulsión e inocuidad del producto (Redondo-Solano et al., 2023). Seguido con el proceso de enfriamiento controlado y su conservación en refrigeración. En este contexto, este es un producto listo para ser consumido, que previamente se alcanzó temperaturas internas suficientes para inactivar microorganismos patógenos (Hew et al., 2005). Siendo un producto altamente consumido en América Latina, se convierte cada vez más, en un alimento con mayor solicitud en el mercado, impulsado por ser de conveniencia y de proteína lista para consumo (Santamaría-Ulloa y Bekelman, 2021).

Sin embargo, la elaboración de embutidos se encuentra al frente de dos retos importantes como la sostenibilidad de la cadena cárnica y la búsqueda de alimentos más sanos y funcionales, debido al interés de los consumidores (Szenderák et al., 2022). Estudios recientes, relatan que la transición hacia un mundo de proteínas como alternativa, indican que puede reducir de forma significativa el impacto del sector cárnico, disminuyendo entre un 25% a un 50% de carne debido a la proteína vegetal, lo cual disminuye un 30% la huella de carbono (Pelton et al., 2024). Sin duda alguna, es evidente que el alto consumo de carne afecta el medio ambiente, así tenemos que en Los Estados Unidos se han desarrollado estudios con respecto al ciclo de vida la cual indican que la carne bovina, a pesar del uso de tecnologías eficientes y productivas, siguen formando parte del alimento que genera mayor huella ambiental por kilogramo comestible (Rotz et al., 2019).

El Departamento de Agricultura de Los Estados Unidos (USDA, 2021), indica que la carne bovina está posicionada como una de las fuentes de proteína que presentan mayor carga de emisiones de gases de efecto invernadero, superando a la carne de cerdo y pollo con más de 150%. Respecto a las emisiones de gases de efecto invernadero y uso de agua, uso ocupacional de suelo para bovinos, cada vez aumenta a nivel mundial, va mostrando un impacto elevado en el cambio climático, siendo responsable del 14% de emisión carbono (Chataut et al., 2023). Convirtiéndolo en una matriz fundamental para ser incorporado en nuevas tecnologías y reformulaciones, permitiendo la reducción de materia prima con alto impacto ambiental, como la carne de res sin que comprometa la seguridad microbiana y aceptación por parte del consumidor. Estas alternativas han brindado relevancia en los últimos años, debido al interés manifestado por los consumidores por alimentos bajo un perfil de sostenibilidad, saludables y que sean de menor huella ambiental (Onwezen et al., 2021).

La sostenibilidad en la industria cárnica es un desafío muy importante debido al aumento de las emisiones de gases de efecto invernadero, el alto consumo de recursos naturales y la creciente demanda de alimentos de origen animal. Este escenario se vuelve muy importante por lo que ha motivado a procesadores de alimentos e investigadores a buscar sustituciones y alternativas que permitan satisfacer las necesidades y minimizar problemas ambientales, a través de estrategias de sustitución parcial de proteína animal; un posible producto sustituto de carne son las de fuentes vegetales ricas en proteínas, que permiten sustituir parcialmente la proteína animal y cumplir con mejoras ofreciendo una experiencia sensorial similar a la carne convencional (Szenderák et al. 2022).

El desarrollo de productos híbridos que combinen proteína de origen cárnico con proteína vegetal, como la de soya (*Glycine max*), se presenta como una alternativa viable para reducir la huella ambiental sin comprometer la calidad sensorial ni el valor nutricional del producto. La reciente investigación de Tang et al. (2024), evidencian que los sustitutos o mezclas basados en proteína vegetal pueden disminuir en un 65% las emisiones de CO<sub>2</sub> y optimizar el uso de agua y suelo respecto a los productos cárnicos tradicionales.

La proteína es una macromolécula de aminoácidos unidos con enlaces peptídicos que cumple funciones estructurales y enzimáticas (Bruce et al., 2002). La calidad proteica se refleja a través de la capacidad de digestión y el perfil de aminoácidos esenciales (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO], 2023). Dentro de esta amplia gama las proteínas vegetales se encuentra la soya (*Glycine max*), de una leguminosa perteneciente a la familia *Fabácea* y originaria de Asia, se considera uno de los cultivos más relevantes a nivel mundial, su relevancia es radicada a su alto contenido proteico (40%), que cumple una función nutritiva de mucha importancia (Nishinari et al. 2014). La producción mundial de soya estimada por el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos indicó que para el ciclo 2024 el área ocupacional del cultivo de soya fue de 34,823 mil hectáreas, con una producción de 118,836 mil toneladas cosechadas, implicando un rendimiento de 3.41 toneladas por hectárea. Representa un aproximado del 90% de la producción de oleaginosas, destacando la importancia agronómica y económica (USDA, 2021). Tiene un gran alcance en el perfil proteico altamente concentrado, alcanzando valores de digestibilidad superiores al 90% con un 72% de concentrado de proteína (Rutherford et al. 2015).

Este se ha consolidado como una de las más utilizadas en la industria cárnica principalmente en forma de aislados, texturizado y concentrado por su amplia labor en retención de fracciones de carbohidratos no solubles que permiten mejorar la capacidad de gelificación, emulsificación y retención de agua, lo que facilita la adopción a emulsiones de chorizos y salchichas (Schmid et al. 2024). A lo largo del tiempo se ha investigado características fisicoquímicas de diferentes productos de soya, mostrando que la solubilidad y retención de agua tienen vinculación con el grado de hidratación y distribución de partículas, representado en uso directo para formulaciones cárnicas.

Investigaciones desarrolladas por la Universidad Estatal de Campinas, demuestran que el concentrado de proteína de soya tiene una amplia capacidad de gelificación y retención de agua en productos cárnicos, donde aumentan la jugosidad y reducen la pérdida de peso en cocción (Santos et al. 2022). La adición de proteínas vegetales de chícharo, leguminosas o soya permiten la modificación de mejoras en estabilidad de emulsión cárnica, disminución en la pérdida de peso por cocción

(Onwezen et al., 2021). La capacidad de las proteínas vegetales tiene una interacción amplia que favorece la cohesión estructural del embutido, al momento de reducir el contenido de proteína animal (Galani et al., 2023).

Al poseer efectos positivos el concentrado de soya y su amplio aporte, es caracterizado como un producto idóneo y estratégico para el diseño de sustituir total o parcialmente la carne en embutidos, sin que este comprometa la estabilidad, reduciendo costos de producción (Compañía Archer Daniels Midland [ADM], 2024). A pesar de que los concentrados de proteína de soya brindan un buen aporte no comprometiendo directamente la inocuidad (Milana et al., 2024). Es necesario evidenciar el adecuado uso, verificando que no altere la dinámica, por ende, las sustituciones que se realizan deben contar con evaluaciones fundamentales, tomando en cuenta la inocuidad microbiológica (USDA, 2021).

Al ser chorizo cocido, está sujeto a estrictas regulaciones nacionales e internacionales que garanticen la ausencia de patógenos, principalmente *Listeria monocytogenes* y *Salmonella* spp., para productos listos para el consumo, brindando parámetros de letalidad térmica, prácticas formulación y control de procesos, que permitan garantizar la seguridad (Porcella et al., 2001). De esta manera el buen aprovechamiento de la soya como un ingrediente funcional, es de gran aporte. En este sentido la incorporación de esta responde a un reto muy importante que es lo ambiental, así mismo a un interés nutricional, de salud (Prado et al., 2022). Bajo esta sustitución se refleja un aporte cárnico basado en proteína de soya por medio de un perfil de aminoácidos comparables a la carne y beneficiosos en reducción de colesterol, grasa saturada (Robbani et al., 2022).

Este ha logrado establecerse como una tendencia a partir del 2021, incrementando el uso de la soya como ingrediente funcional, que promueve etiqueta limpia, sostenible, bajo un respaldo científico (Instituto de Tecnólogos de Alimentos [IFT], 2024). Estos avances permiten el fortalecimiento, viabilidad para la reformulación de productos tradicionales, que garantizan demanda por consumidores informados y comprometidos con mejorar el impacto ambiental, buscando la sostenibilidad (Rehman et al. 2024).

Por ello, la formulación de un chorizo cocido con mezcla de proteínas busca no solo mantener las propiedades tecnológicas y sensoriales del embutido, sino también contribuir a un modelo de producción alimentaria más sostenible, alineado con los objetivos globales de mitigación del cambio climático y eficiencia en el uso de recursos.

Esta investigación tuvo como objetivos evaluar la aceptación y preferencia sensorial de un chorizo cocido basado en la sustitución parcial y total de carne de res por concentrado de soya (*Glycine max*), a través de pruebas sensoriales con panelistas no entrenados. Evaluar las propiedades fisicoquímicas como pH, textura, color y rendimiento de cocción, del chorizo cocido bajo el efecto de la sustitución parcial o total de carne de res, por el concentrado de soya. Evaluar la seguridad microbiológica, mediante el análisis de coliformes totales y bacterias mesófilas aerobias, bajo el cumplimiento de los parámetros microbiológicos establecidos.

## Materiales y Métodos

### Ubicación del Estudio

Este estudio se realizó en la Planta de Cárnicos de Zamorano, Laboratorio de Microbiología de Alimentos de Zamorano (LMAZ), Laboratorio de Análisis de Alimentos Zamorano (LAAZ) y Laboratorio de Análisis Sensorial de la Planta de Innovación de Alimentos (PIA), de la Universidad Zamorano; ubicada en el Km 30 carretera de Tegucigalpa a Danlí, Valle del Yeguaré, Municipio de San Antonio de Oriente, Francisco Morazán, Honduras.

### Materia Prima

Para el desarrollo correspondiente de los tratamientos de chorizo cocido se empleó tanto ingredientes cárnicos como no cárnicos, entre ellos carne de cerdo y res, así mismo los condimentos junto a los aditivos requeridos, proporcionados por la Planta de cárnicos de la Universidad Zamorano. En la sustitución de res se utilizó concentrado de proteína de soya bajo un perfil de sabor suave y de alta solubilidad proteica, presentando una buena dispensabilidad en agua y propiedades de emulsificación de grasa, lo que facilitó su uso en la investigación, este producto fue proporcionado por Arcon® SM. En el Cuadro 1 se observa el perfil nutricional del concentrado de proteína de soya de Arcon® SM por 100 gramos, empleados en la formulación como sustitución de res en los tratamientos de chorizo cocido.

### Cuadro 1

*Perfil nutricional del concentrado de proteína de soya de Arcon® SM por 100 gramos, empleados en la formulación como sustitución de res en los tratamientos de chorizo cocido.*

Componente	Unidad	Arcon® SM
Carbohidratos Totales	gramos	19.00
Fibra dietética	gramos	18.08
Proteína	gramos	65.00
Grasa Total	gramos	2.02
Ceniza	gramos	4.07
Sodio	miligramos	12.00
Fósforo	miligramos	900.00
Hierro	miligramos	150.00
Potasio	miligramos	250.00
Magnesio	miligramos	100.00
Zinc	miligramos	5.00
Calcio	miligramos	250.00

*Nota.* Los Datos presentados en base seca fueron obtenidos de la ficha técnica del producto por el fabricante de Arcon® SM (ADM,2023), con código 066405.

### Tratamientos y Formulación

Para el desarrollo de los tratamientos, se tomó como referencia la formulación de chorizo español propuesta por la Universidad Zamorano, la cual fue adaptada para la elaboración de tres tratamientos (Cuadro 2). En el marco de esta investigación, se realizó una sustitución total de carne de res (T3), una sustitución parcial (T2) y una formulación sin sustitución (T1), con el objetivo de modificar el contenido cárnico en el chorizo cocido y evaluar el efecto de dicha variación sobre sus propiedades fisicoquímicas, microbiológicas y sensoriales, pero sin tener que modificar el contenido de aditivos y condimentos (Cuadro 3). Para la elaboración de los tratamientos se procedió según el método utilizado en la Planta de Cárnicos de la Universidad Zamorano.

#### Cuadro 2

*Formulaciones para chorizo cocido de acuerdo con su contenido de concentrado de proteína de soya para un peso base de kg.*

Ingredientes	Cantidad en (kg)		
	Tratamiento 1	Tratamiento 2	Tratamiento 3
Recortes de Cerdo (80% magro)	0.1814	0.1814	0.1814
Recortes de Res (90% magro)	0.1814	0.9072	0.0000
Concentrado de proteína de soya	0.0000	0.0259	0.0518
Almidón de papa	0.0137	0.0137	0.0137
Condimentos y Aditivos	0.0329	0.0329	0.0329
Agua	0.0290	0.0938	0.1586
Hielo	0.0150	0.0150	0.0150
<b>Total (g)</b>	<b>0.4866</b>	<b>0.4866</b>	<b>0.4866</b>

*Nota.* Tratamiento1: 0% sustitución de carne de res por mezcla de concentrado de soya y agua, Tratamiento 2: 50% de sustitución de carne de res por mezcla concentrado de soya y agua y Tratamiento 3: 100% de sustitución de carne de res por mezcla de concentrado de soya y agua.

### Cuadro 3

*Detalle de los tratamientos en función a la sustitución de la carne de res con concentrado de proteína de soya (CPS) y agua.*

Tratamiento	Descripción
1	Formulación Original (100% carne de res)
2	50% res y 50% sustitución con CPS y agua (1:3)
3	100% sustitución de res con CPS y agua (1:3)

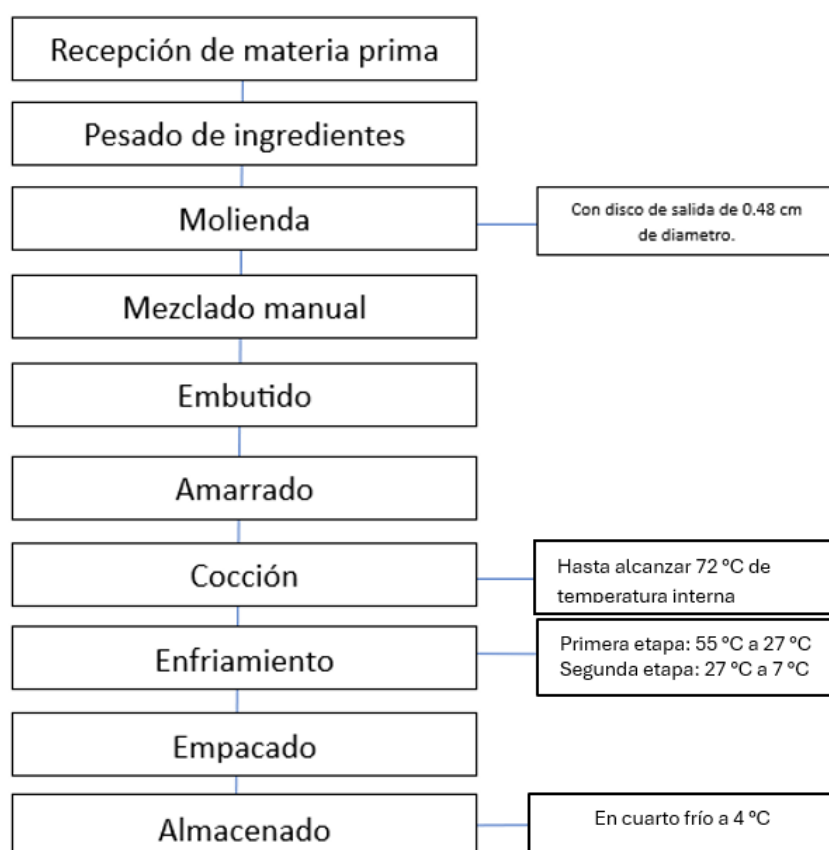
*Nota.* Sustitución de res para porción de 486.57 g de chorizo cocido; Tratamiento1: 0% sustitución, Tratamiento 2: 50% de sustitución y Tratamiento 3: 100% de sustitución.

### Proceso para la Elaboración del Chorizo Cocido

En la Figura 1 se presenta el flujo de proceso del chorizo cocido.

#### Figura 1

*Flujo de proceso de la elaboración de chorizo cocido.*



*Nota.* °C: grados centígrados.

### ***Recepción de Materia Prima***

Se inicia el proceso de elaboración del chorizo cocido que se realizó en la Planta de Cárnicos de la Universidad Zamorano, siguiendo los protocolos de calidad e inocuidad establecidos.

### ***Pesado de Ingredientes***

Posteriormente, se pesó para cada tratamiento, los ingredientes cárnicos, posterior a ello los no cárnicos, cada aditivo y condimento por medio de una balanza digital, finalmente se pesó el concentrado de proteína de soya, según las fórmulas detalladas.

### ***Molienda***

Lo siguiente fue el proceso de molienda para los ingredientes cárnicos. Primero se inició moliendo la carne de res con un disco de conformación con diámetro de 0.48 cm, posterior a ello la de cerdo.

### ***Mezclado***

Una vez obtenida la carne molida y pesado todos los ingredientes, se procede a mezclar en forma manual y usando un tazón, la carne, los condimentos, aditivos y el concentrado de proteína de soya hasta alcanzar una mezcla homogénea de todos los ingredientes.

### ***Embutido***

Lo siguiente es la fase de embutido. Para ello, cada tratamiento fue embutido con ayuda de una embudadora manual, Jerky Gun de boquilla redonda de  $\frac{1}{2}$  diámetro, de marca Lem del Laboratorio de la Planta de Cárnicos de la Universidad Zamorano. Se empleó tripa sintética de colágeno. Al momento de realizar este proceso se tuvo cuidado para que dentro de la tripa no quedaran burbujas de aire ni espacio.

### ***Amarrado***

Ya teniendo embutido el chorizo, se procedió a amarrarlo mediante giros y nudos firmes con Bekarem (hilo torzal), separando en porciones individuales de 10 cm, tratando de que estos quedaran uniformes, para facilitar la cocción.

**Cocción**

Finalizado el amarrado los chorizos se sometieron a un tratamiento térmico hasta lograr una temperatura interna de 72 °C del chorizo, con finalidad de asegurar la cocción correcta y segura.

**Enfriamiento**

Después de la cocción se llevaron a cuarto frío con la finalidad de reducir la temperatura interna hasta alcanzar la temperatura de 4 °C.

**Empacado**

Seguidamente, los chorizos después de haber alcanzado la temperatura ideal se empacaron al vacío.

**Almacenamiento**

Finalmente se almaceno los productos en los cuartos fríos de la Planta de Cárnicos de la Universidad Zamorano a temperatura entre 2 a 4 °C y una humedad relativa ideal de 78% aproximado.

**Análisis Microbiológico**

Los análisis microbiológicos aseguran que la reformulación no compromete la seguridad a través de los análisis de bacterias mesófilas aerobias y coliformes totales, para confirmar la inocuidad y calidad de los tres tratamientos.

***Bacterias Mesófilas Aerobias (BMA)***

Para realizar las pruebas se preparó el medio de Agar Cuenta Estándar (ACE), posterior a ello se pesaron 10 g de muestra por cada tratamiento en la balanza analítica, se colocaron en bolsas estériles, un tratamiento por bolsa. A cada una de las bolsas se utilizaron 90 ml de solución buffer de fosfato para preparar una dilución de  $10^{-1}$ , se homogenizó cada muestra por 1 minuto en el STOMACHER. Posterior a ello ya con las pipetas y cajas petri, estériles se tomó 1ml de esta solución de  $10^{-1}$ , añadiéndola a un tubo de ensayo con 9 ml de solución buffer fosfato y la dilución de esta fue homogenizada en un VORTEX aproximadamente por 1 minuto, para obtener la solución  $10^{-2}$ . Seguidamente cada dilución fue sembrada con 1 ml en cada caja petri, posterior a ello se vertieron aproximadamente 15 ml de ACE ya teniendo vertido el medio se homogenizó aplicando la tecnica

circular en 8 hasta que el medio se gelificara, Al ya tener todas las cajas petri sembradas se procedió a incubar a 35°C durante 48 horas, para tomar lecturas verificando crecimiento a través del conteo de las colonias formadas que constituyen las BMA.

### ***Coliformes Totales***

Así mismo se preparó el medio de Agar Bilis Rojo Violeta (ABRV), posteriormente se pesaron 10 g de cada tratamiento en bolsas estériles a la cual se le incorporo 90 ml de solución buffer fosfato a la muestra. Posteriormente se homogenizo por 1 minuto en STOMACHER para obtener una dilución de  $10^{-1}$ . Seguidamente ya con las pipetas y cajas petri estériles, se tomó 1ml de la solución  $10^{-1}$ , añadiéndola a un tubo de ensayo ya con 9 ml de solución buffer fosfato y la dilución de esta fue homogenizada en un Vortex aproximadamente por 1 minuto, para obtener la solución  $10^{-2}$ . Seguidamente cada dilución fue sembrada con 1 ml en cada caja petri, posterior a ello se vertieron aproximadamente 15 ml de ABRV ya teniendo vertido el medio se homogenizó aplicando la tecnica circular en 8 hasta que el medio se gelificara. Al ya tener todas las cajas petri sembradas se procedió a incubar a 35°C durante 24 horas, transcurrido ese tiempo se tomará la lectura para verificando crecimiento a través del conteo de coliformes totales tendencia a blanco.

### **Análisis Físicoquímicos**

Los tratamientos de chorizo obtenido fueron evaluados en las siguientes características fisicoquímicas: pH, textura, color y rendimiento de cocción.

#### ***Color***

El análisis de color se realizó a los dos días de su elaboración para cada repetición, se empleó el equipo Color Flex Hunter Lab siguiendo el método AN 1018.00, el cual se procedió primero a calibrar el equipo seguidamente a medir en una escala de  $L^*a^*b$  se tomaron tres muestras por cada tratamiento para calcular un promedio y los resultados se expresaron en una escala de diferentes gamas de luz. (L) que permite indicar la claridad del color con valor de 0 para negro y 100 para blanco; (a) representado por la cromaticidad es decir la tonalidad de verde con valor de -60 a rojo con valor de +60; (b) oscilado

entre los de azul a amarillo, representada por +60 orientada hacia el color amarillo y -60 orientada al color azul.

### **Potencial de Hidrogeno (pH)**

Este análisis se desarrolló a los dos días de la elaboración de los chorizos cocidos, para el desarrollo de la toma de estos datos se utilizó el potenciómetro portátil tipo bolígrafo amarillo sin retroiluminación del Laboratorio de Análisis de Alimentos de Zamorano, antes de iniciar cada serie de medición el potenciómetro a utilizar fue calibrado cuidadosamente utilizando soluciones buffer de pH 4, 7 y 10 para garantizar la exactitud de los datos. Una vez ya calibrado se procedió a realizar las mediciones en los diferentes chorizos de cada tratamiento, esta medición se llevó a cabo colocando en un Becker 50ml de agua desionizada y 5g de chorizo posterior a ello se homogenizó por completo, para poder introducir el potenciómetro y ser registrado el valor.

### **Rendimiento de Cocción**

Para el rendimiento de cocción se realizó mediante la obtención de diferentes pesos, peso inicial antes de cocción y posterior a su cocción, para ello se determinó mediante la ecuación [1]. Para la cual se tomaron tres muestras de cada tratamiento y se pesaron antes de pasar el tratamiento térmico, se procedió a identificar cada una de las muestras, luego de haberlas llevado al horno y pasarlas a tratamiento de enfriamiento a 4°C se esperó a que estas estén como mínimo a temperatura ambiente y se tomaron las mismas muestras para ser pesadas nuevamente obteniendo los pesos posteriores a cocción.

$$\text{Rendimiento en la cocción} = \frac{\text{Peso de los chorizos cocidos (g)}}{\text{Peso de los chorizos crudos (g)}} * 100 \quad [1]$$

### **Textura (Fuerza de Corte)**

Se utilizó la fuerza de corte como indicador de dureza, midiendo con un texturómetro de Brookfield modelo Pro CT3-4500 serie 8533959, equipado con el elemento TA-RT-KIT y sonda TA-WSP. Estas pruebas se realizaron bajo los parámetros, con una velocidad de avance de 2 mm/s y una carga

de activación correspondiente a 4.90 N, para la toma de datos se utilizó el chorizo ya cocido y removida la tripa, las dimensiones de cada muestra se midieron con un pie de rey las cuales se usaron de tamaño de forma cilíndrica de aproximadamente de 30 a 32 mm x 15 mm largo. Para cada tratamiento se analizaron tres muestras, cuyos valores de fuerza fueron promediados, expresados en Newton.

### **Análisis Sensorial**

Las pruebas de análisis sensoriales se llevaron a cabo en el Laboratorio de Análisis Sensorial de la Planta de Innovación de Alimentos (PIA). Este análisis se desarrolló a través de dos tipos de evaluaciones: análisis de aceptación y de preferencia, con un panel conformado por estudiantes de la Universidad Zamorano, de distintas carreras y años, con grupos de 36 o 37 jueces por cada repetición siendo un total de tres repeticiones y 110 panelistas, mediante la aplicación de la boleta (Anexo A) se logró obtener un número representativo de panelistas.

Para esta investigación se analizaron los siguientes atributos sensoriales: aceptación general, apariencia, color, olor, textura y sabor; los cuales fueron medidos a través de una escala hedónica de nueve puntos para evaluar el grado de aceptación 1 correspondiente a me disgusta extremadamente, 5 a ni me gusta ni me disgusta 9 con me gusta extremadamente. Posteriormente para el análisis de preferencia se solicitó que los panelistas jerarquizarán los tres tratamientos de acuerdo con un grado preferencia en una escala de 1 a 3, donde 1 representaba el más preferido y 3 el menos preferido.

Para el desarrollo de estas pruebas, los chorizos se cortaron en porciones de 10 mm, calentadas a 120 °C durante tres minutos en microondas, servidas en bandejas de polietileno previamente ya codificadas aleatoriamente. Para evitar interferencias en la percepción del sabor, los panelistas recibieron galletas tipo soda y agua, garantizando la limpieza del paladar durante la evaluación, previo a probar cada tratamiento.

### **Análisis Estadístico**

Para los datos obtenidos, de la aceptación sensorial se realizó un diseño de Bloques Completos al Azar (BCA), siendo los bloques cada uno de los panelistas y los tratamientos sustituciones de concentrado de proteína de soya.

Los datos obtenidos para la evaluación de propiedades fisicoquímicas y microbiológicas del chorizo cocido se evaluaron a través de un análisis de varianza (ANDEVA), basado en un Diseño Completamente Aleatorizado, con una separación de medias DUNCAN lo que permitió evaluar la diferencia entre los tratamientos. Todos los análisis estadísticos se realizaron con un nivel de confianza del 95 % ( $P \leq 0.05$ ).

Para el análisis sensorial de preferencia se utilizó la prueba de Kramer y Basker donde se utilizó una tabla de valor crítico para comparar la diferencia de absolutas entre las sumas de categorías obtenidas de los panelistas. Para determinar el tratamiento más aceptado y organizar la validez estadística se utilizó una probabilidad de  $\leq 0.05$ . Se efectuaron los análisis estadísticos en el programa (SAS) Sistema de Análisis Estadístico versión 9.4.

## Resultados y Discusión

### Análisis Físicoquímico

En los siguientes resultados se encuentra el valor promedio y desviación estándar de los resultados de pH, rendimiento de cocción, fuerza de corte y escala de color en L, a\* y b\*, de los tratamientos de chorizo cocido y sustituciones por concentrado de proteína de soya.

#### *pH*

El rango de valores promedios de pH obtenidos estuvo entre 6.07 (T1-Control) y 6.17 (T3-100% sustitución en el Cuadro 4. El análisis estadístico demostró, que no existe diferencias significativas en los tratamientos evaluados ( $p=0.23$ ) con un coeficiente de variación, bastante bajo (0.09), lo que asegura una alta precisión de los datos entre tratamientos. Estos hallazgos coinciden con los datos reportados por M. d. Santos et al. (2022), quienes observaron que la incorporación de proteínas vegetales en productos cárnicos no generó cambios significativos en el pH. Lo que corrobora que la estabilidad del pH observada en los tratamientos es característico en un producto cárnico de esta categoría al igual que Gao et al. (2023), indica que el pH de los chorizos cocidos en este estudio se mantuvo dentro del rango ideal para productos cárnicos cocidos, que es de 5.8 a 6.20.

Es importante recalcar que el concentrado de proteína de soya posee grupos funcionales que aportan o donan protones dentro de un rango de pH de 5-7, lo que disminuye la posibilidad de variaciones drásticas, por lo cual, actuó como sistemas buffer tratando de mantener la estabilidad del producto a pesar de que las proporciones de proteína animal sean modificadas por vegetal (Ding et al., 2021).

La acidez posee gran influencia en las diversas funcionalidades, capacidad de retención de agua, capacidad antioxidante, emulsificación y aspectos microbiológicos (Porcella et al., 2001). El pH es considerado uno de los parámetros más importantes, puesto que, influye en la capacidad de retención de agua de las proteínas, mediante la estabilidad de emulsión, condicionado a la susceptibilidad de deterioro (Carballo, 2021). Esto ocurrió debido a la capacidad de amortiguación de las proteínas inherentes de las proteínas vegetales, conteniendo grupos amino libres lo que acentúan

en pH y desplazarán el equilibrio a cambios más alcalinos de forma ligeramente, no afectando de manera drástica el cambio de pH (Kyriakopoulou et al., 2021). Investigaciones en productos cárnicos han mostrado que la sustitución con CPS no muestran diferencia significativa, debido a la acción conjunta de los grupos ionizables del CPS y su interacción con las sales empleadas en la formulación (E. B. Santos et al., 2022).

### ***Rendimiento de Cocción***

El rango de valores promedios para el rendimiento de cocción en el Cuadro 4 obtenidos estuvo entre 90.89% (T1-control) y 92.11% (T3-100% sustitución). El análisis estadístico demostró, que no existe diferencias significativas en los tratamientos evaluados ( $p=0.13$ ) con un coeficiente de variación, bastante bajo (0.71), lo que asegura una alta precisión de los datos entre tratamientos. Debido a que no hay diferencias significativas ( $P>0.005$ ) entre tratamiento (Cuadro 4). Por lo que la adición de CPS no afectó en el rendimiento de cocción en el chorizo, resultando como un buen retenedor de agua.

Estos valores concuerdan con los reportados por Grasso et al. (2019), quienes no obtuvieron diferencia significativa en el rendimiento de cocción al incorporar proteína vegetal en productos cárnicos emulsionados de salchicha y chorizo, con valores en rango de 88% a 95%, y todos los tratamientos desarrollados representaron un rendimiento mayor al 90%, al igual con los reportados en esta investigación lo que indicó que se conserva la gran parte del peso inicial del chorizo sin cocción, siendo sinónimo de eficiencia productiva y calidad en embutidos cocidos.

Velemir et al. (2020), indicaron que las proteínas no cárnicas tienen la capacidad de retener agua y grasa, siendo estos aditivos para mejorar la textura y el rendimiento de cocción. Lo que permitió tener una buena capacidad de ligamiento de agua inherente al CPS, debido a su abundancia de grupos hidrolíticos capaces de interactuar con moléculas de agua a través de los hidrógenos.

De igual manera Hidayat et al. (2017), realizaron estudios en salchicha reportando que la sustitución de proteína animal por vegetal se mantenía con valores similares en el rendimiento de cocción. Por lo tanto, se evidenció que, a pesar de la reducción de carne en las formulaciones, las

proteínas vegetales son capaces de cumplir una función similar a extensores, manteniendo una capacidad buena de retención que mejoran el rendimiento, respaldando la viabilidad de CPS.

Durante el tratamiento térmico las proteínas presentaron carácter higroscópico, permitiendo un fortalecimiento de estas, por lo cual, existió un hinchamiento y reorganización estructural, esto permitió que sea restringida la movilidad de las moléculas de agua libre, formando una malla proteica densa que mejora la capacidad de retener agua de manera eficiente (X. Zhu et al., 2022). En consecuencia, a ello, las proteínas no cárnicas al poseer este tipo de capacidades aumentaron gradualmente, lo que se vio reflejado en un buen rendimiento de cocción. En cuanto mayor sea el nivel de sustitución de proteína cárnica por proteína vegetal, mayor será la capacidad de retención y unión de agua, favoreciendo la formación del chorizo cocido, lo que permitió mayor adhesividad de los ingredientes (Siddiqui et al., 2024).

#### ***Fuerza de Corte***

El rango de valores promedios para fuerza de corte obtenidos estuvo entre 8.98 N (T3- 100% sustitución) y 12.73 (T1-Control). El análisis estadístico demostró, que no existe diferencias significativas en los tratamientos evaluados ( $P > 0.005$ ) en el Cuadro 4. A pesar de la sustitución total y parcial que hubo de proteína cárnica por CPS.

Lo reportado por E. B. Santos et al. (2022), registraron un rango de 8.4 a 13.6 Newtons en productos emulsionados bajo la incorporación de proteína de soya, evidenciando una estabilidad estructural similar a lo observado. En concordancia con lo anterior, los resultados presentados afirmaron que en las sustituciones realizadas en esta investigación no afectaron de manera significativa la fuerza de corte, lo que respalda que la textura y firmeza del chorizo cocido se conservan estables.

Así mismo Wambui et al. (2017), evidenciaron que la sustitución parcial de proteína vegetal en productos emulsionados cárnicos, mejoraron la retención de agua, por lo que la fuerza de corte no pierde la uniformidad, manteniendo la estructura del producto por la formación de red proteica sin comprometer la firmeza

Al igual que Mínguez Balaguer et al. (2019), notificaron que la inclusión de proteínas vegetales, en productos cárnicos, no comprometieron la textura, sino que este dependió de las cantidades de sustitución y el tratamiento térmico que se le aplicó durante la cocción, a través de un manejo adecuado. Esto se debe a que, durante la cocción, las proteínas vegetales como la soya se desnaturalizaron y formaron redes tridimensionales con capacidad de gelificación y cohesión, que permitieron compensar la menor presencia de proteínas miofibrilares y contribuyeron a la firmeza adecuada en el producto (dos Santos et al., 2023).

#### **Cuadro 4**

*Promedio y desviación estándar (D.E.) de pH, rendimiento de cocción y fuerza de corte, de los tratamientos de chorizo cocido con sustituciones de carne de res por concentrado de proteína de soya y agua.*

Tratamiento	Media $\pm$ D.E.		
	pH (NS)	Rendimiento de Cocción (%) (NS)	Fuerza de Corte (N) (NS)
T1-Control	6.07 $\pm$ 0.05	90.89 $\pm$ 0.85	12.73 $\pm$ 1.26
T2-CPS 50%	6.12 $\pm$ 0.06	90.93 $\pm$ 0.77	11.47 $\pm$ 3.87
T3-CPS 100%	6.17 $\pm$ 0.05	92.11 $\pm$ 0.23	8.98 $\pm$ 0.79
CV%	0.09	0.71	24.68
Valor P	0.23	0.13	0.33

*Nota.* N: Newton. NS: No Significativo entre los tratamientos ( $P > 0.05$ ), CV: Coeficiente de Variación, Tratamiento1: 0% sustitución de carne de res por mezcla de concentrado de soya y agua, Tratamiento 2: 50% de sustitución de carne de res por mezcla concentrado de soya y agua y Tratamiento 3: 100% de sustitución de carne de res por mezcla de concentrado de soya y agua.

#### **Color en Escala L**

Los valores obtenidos en el Cuadro 5 para la luminosidad (L) en una escala de 0 a 100, siendo el 0 negro y 100 blanco se encuentran en un rango de 41.63 (T1-Control) a 45.98 (T3-100% de sustitución), se puede observar que hay una diferencia significativa ( $p < 0.05$ ), entre los tratamientos evaluados. El Tratamiento 1 presentó un valor bajo a comparación de los otros dos tratamientos que obtuvieron un incremento de luminosidad, esto indica que la incorporación de CPS, aumenta la luminosidad, lo que favorece en tonalidad con mayor claridad en comparación al control.

Estos resultados concuerdan con los de M. d. Santos et al. (2022), quienes reportaron un aumento en L estando en un rango de 37.89 a 49.16 en formulaciones con alto contenido vegetal en el desarrollo de productos cárnicos emulsionados, por lo que recalcaron que, si hay diferencia significativa debido a la incorporación de proteína vegetal, ya que estas tienden a aclarar el color del producto. Este comportamiento se reflejó en nuestros resultados debido a que el CPS, al poseer un color más claro que la carne de res, aumenta la reflectancia de productos de emulsión cárnica, por lo que carecieron de pigmentos como la mioglobina a diferencia de las proteínas cárnicas que tienen un mayor aporte de pigmento (Wi et al., 2020). Por ende, la disminución del contenido de carne de res en los tratamientos provocó una disminución de mioglobina en los tratamientos con CPS, aumentando el valor L.

De acuerdo con Zhang et al. (2025), las reformulaciones con proteína vegetal no solo modifican el color por efecto de dilución del pigmento cárnico, sino también se da gracias a la interacción que ocurre entre proteína y agua durante el proceso de cocción, generando compactación con mayor dispersión de luz. Así mismo el estudio realizado por M. d. Santos et al. (2022), destacaron que el CPS al tener facilidad de emulsificación de las proteínas, contribuyeron a una textura homogénea que da mayor claridad visual. Los resultados de la investigación de Zhang et al. (2025), el incremento de la luminosidad pudo considerarse favorable para un producto ya que este tiende a ser más atractivo y con percepción de menor contenido de grasa.

Por ende, la luminosidad influyó en la aceptación sensorial de los consumidores, ya que, pueden relacionarlos con frescura por los colores claros que presentan.

### ***Color en Escala a\****

El rango promedio para la escala de color a, siendo -60 verde hasta +60 siendo rojo obtenidos estuvo entre 20.36 (T2-50% sustitución) y 21.29 (T3-100% sustitución) (Cuadro 5). El análisis estadístico demostró, que no existe diferencia significativa ( $P > 0.05$ ) en los tratamientos evaluados, con un coeficiente de variación de (3.03) lo que asegura una alta precisión de los datos entre tratamientos.

Así mismo que la sustitución de la carne de res por CPS, incluso al 100% de sustitución de res no modificó la intensidad del chorizo cocido.

Estos hallazgos concuerdan con la investigación realizada por Zhang et al. (2025), quienes observaron que la sustitución de carne por proteína de soya y aislados de soya, en productos emulsionados no existió la alteración de forma significativa al color en escala a, manteniéndose en un rango de 19.8 a 22.1, atribuible a una distribución uniforme. Por lo tanto, es evidente que el efecto de la dilución de pigmentos cárnicos se compensa por la capacidad que tiene el CPS de homogenizar con ingredientes y aditivos de la formulación y a su vez el estabilizar el color, permitiendo atributos con tonalidades rojizas (E. B. Santos et al., 2022).

Por otra parte, el color anaranjado con tendencia a marrón en su mayoría se debe a la desnaturalización y transformación de la mioglobina en proteína cárnica y en proteína vegetal, se da por la reacción térmica de Maillard, de los ingredientes y aditivos en conjunto al CPS (Suman et al., 2016). La reacción de Maillard se debe a que las proteínas y carbohidratos presentes en la formulación del chorizo, aportan estructuras proteicas que facilitan la compactación reaccionando favorecidamente ante la cocción (E. B. Santos et al., 2022).

Estos procesos permitieron que la estabilidad cromática de los productos, independientemente del origen de sus proteínas en la formulación, potenciaron la aceptación sensorial ya que generan tonalidades cálidas (Fiorentini et al., 2020). Que simbolizan frescura y buena cocción, lo que respalda que la sustitución por CPS no compromete la calidad visual.

#### ***Color en Escala b\****

Los valores obtenidos para el color en escala b, la cual cubre el espectro de -60 azul hasta el +60 amarillo, se encuentran en un rango de 25.79 (T1-Control) y 31.36 (T3-100% sustitución) (Cuadro 5); por lo que el análisis estadístico demostró diferencia significativa ( $p < 0.05$ ) entre los tratamientos evaluados, con un coeficiente de variación de (4.45) lo que asegura una buena precisión de los datos. El tratamiento control presento el valor más bajo, reflejando una tonalidad menos amarillenta,

mientras que el Tratamiento 2 y 3 con sustitución de CPS incremento progresivamente en este parámetro, obteniendo el valor más alto el Tratamiento 3.

Estos resultados son coherentes con los reportados por Jang y Lee (2024), quienes obtuvieron valores de color en escala b en un rango de 26.10 y 32.05 en salchichas viena con sustitución de carne por proteína vegetal, observando igualmente diferencias significativas atribuibles al incremento del tono amarillento. Esto se debe que al poseer carne de res en la formulación tiene tonalidad diferente por el aporte de mioglobina (Wi et al., 2020), a diferencia de una proteína vegetal cuyo color natural tiene una tendencia a beige-amarillento, debido a los pigmentos que poseen (Ding et al., 2021).

Así mismo el estudio realizado por Anyiam et al. (2025), confirmaron que la incorporación de proteína vegetal en productos cárnicos modifica el perfil de color aumentando los valores de color en escala b, por la influencia de compuestos fenólicos, predominando las proteínas vegetales de mayor intensidad en gama amarilla debido al cambio estructural que se da.

Por lo tanto, la sustitución parcial o total de carne por CPS altera la claridad del componente cromático b, intensificando el color amarillento en el chorizo cocido. Además, el CPS al poseer una capacidad alta de retención de agua y de interacción con lípidos, favorece la dispersión de compuestos solubles, intensificando la percepción amarillenta en los productos, cárnicos (Baune et al., 2022).

## Cuadro 5

*Datos promedio y desviación estándar (D.E.) de los parámetros de color, en escala de valor L, a\* y b\* de los tratamientos de un chorizo cocido con sustitución de carne de res por concentrado de proteína de soya y agua.*

Tratamiento	Media ± D.E.		
	L	a* (NS)	b*
T1-Control	41.63 ± 1.10 <sup>b</sup>	20.38 ± 0.38 <sup>a</sup>	25.79 ± 0.83 <sup>b</sup>
T2-CPS 50%	45.22 ± 0.35 <sup>a</sup>	20.36 ± 0.43 <sup>a</sup>	28.65 ± 2.63 <sup>ab</sup>
T3-CPS 100%	45.98 ± 1.22 <sup>a</sup>	21.29 ± 0.87 <sup>a</sup>	31.36 ± 1.10 <sup>a</sup>
CV%	1.89	3.03	4.45

*Nota.* a-b: Diferentes letras en la misma columna indican diferencias significativas entre tratamientos (P<0.05), NS: No Significativo entre los tratamientos (P > 0.05), CV: Coeficiente de Variación, CPS: Concentrado de Proteína de Soya, Tratamiento1: 0% sustitución de carne de res por mezcla de concentrado de soya y agua, Tratamiento 2: 50% de sustitución de carne de res por mezcla concentrado de soya y agua y

Tratamiento 3: 100% de sustitución de carne de res por mezcla de concentrado de soya y agua, L: Escala de Luminosidad, 0 = negro y 100 = blanco, a: color en escala a, siendo -60 verde a +60 rojo, b: color en escala b -60 azul a el +60 amarillo.

### **Análisis Microbiológicos**

En los análisis microbiológicos del Cuadro 6, se muestra que para los conteos de Coliformes Totales y Bacteria Mesófilas Aerobias (BMA), no presentan diferencia significativa ( $P>0.05$ ) entre tratamientos. Para los coliformes totales, se encontraron en ausencia, para los tres tratamientos por lo que se posiciona por debajo del límite de detección menores a 10 UFC/g. Los resultados obtenidos bajo los criterios del Reglamento Técnico Centroamericano RTCA 67.04.50:17, no indican claramente para chorizos cocido, sin embargo, para productos cárnicos cocidos incluyendo *Escherichia coli* dentro de los coliformes totales, se logra observar el cumplimiento establecido de menor a 10 UFC/g para *Escherichia coli* (RTCA, 2017). Así mismo los resultados obtenidos se ubican dentro de los parámetros microbiológicos establecidos por la Normativa Oficial Mexicana (NOM-213-SSA1-2018), la cual indica un límite máximo de 10 ,000 UFC/g para productos cárnicos procesados listos para el consumo.

Por lo tanto, es un indicador de buena higiene durante el proceso de elaboración y una manipulación correcta de los ingredientes (Y. Zhu et al., 2022). Estudios realizados en productos cárnicos emulsionados aseguran que la ausencia de coliformes y los bajos niveles de BMA, se deben al tratamiento térmico aplicado durante la cocción del chorizo, ya que a temperaturas superiores a 72 °C son suficientes para eliminar coliformes y BMA de manera eficaz (Prajapati et al., 2024). Además, la implementación de buenas prácticas de manufactura y prevención de contaminación cruzada después de la cocción fueron importantes para mantener la inocuidad del producto final, lo cual asegura que la sustitución de CPS no afectan la calidad microbiológica (Barmettler et al., 2025).

## Cuadro 6

Valor y promedio y desviación estándar (D.E.) del conteo de coliformes totales y bacterias mesófilas aerobias.

Tratamiento	Conteo Microbiológico	
	Coliformes Totales (UFC/g) (NS)	Mesófilos Aerobios (UFC/g) Media $\pm$ D.E. (NS)
T1	Ausencia	76.67 $\pm$ 0.09
T2	Ausencia	73.33 $\pm$ 0.15
T3	Ausencia	90.00 $\pm$ 0.05
CV%		5.11
Valor P		0.48

Nota. NS: No Significativo entre los tratamientos ( $P > 0.05$ ), CV: Coeficiente de Variación, Tratamiento1: 0% sustitución de carne de res por mezcla de concentrado de soya y agua, Tratamiento 2: 50% de sustitución de carne de res por mezcla concentrado de soya y agua y Tratamiento 3: 100% de sustitución de carne de res por mezcla de concentrado de soya y agua, UFC: Unidades Formadoras de Colonias, g: Gramos.

## Análisis Sensorial

El análisis sensorial permitió valorar las propiedades organolépticas de los 3 tratamientos de chorizo cocido, tales como apariencia, color, olor, sabor y textura. A continuación, se presentan análisis de correlación, los valores promedio y desviación estándar de los resultados, obtenidos.

### Apariencia

Para la apariencia en el Cuadro 7 se logra visualizar los valores promedios entre tratamientos, que mostraron una disminución en la percepción visual. El Tratamiento 3 fue el menos aceptado, indicando que hay diferencia significativa ( $p < 0.05$ ). Por lo que se puede mostrar que la apariencia del producto se mantiene aceptable cuando la sustitución es parcial debido a la susceptibilidad a menor variación, pero tiende a disminuir cuando el nivel de sustitución es mayor, generando cambios visibles que afectan la percepción del consumidor. De acuerdo con Giezenaar et al. (2024), la apariencia es uno de los atributos más importantes por ser el primer atributo que influye en la expectativa de los demás, debido al color uniforme, brillo y textura que se pueden reflejar.

La apariencia es un atributo de influencia, condicionado a las características visuales del producto, percibida por el consumidor. Este tipo de comportamiento fue influenciado por el hecho que la carne aporta color y brillo característico asociado a frescura y calidad, que influyó de manera directa

en la percepción visual, mientras que el concentrado de proteína de soya generó tonalidades claras haciéndolo menos atractivas (Baune et al., 2023).

Así mismo dos Santos et al. (2023), reporta que hay otros factores de influencia como el color y homogeneidad en la superficie del embutido, confirmando que las formulaciones de combinación carne de res y proteína vegetal mantienen mejor la apariencia en comparación con sustituciones totales, debido a los pigmentos cárnicos.

### **Color**

Para atributo sensorial de color en el Cuadro 7 se presentó diferencia significativa entre tratamientos ( $p < 0.05$ ), recibiendo una calificación en la escala hedónica de me gusta poco a me gusta moderadamente. Por lo que los panelistas indicaron que la adición de concentrado de proteína de soya afectó significativamente el cambio de color en el chorizo cocido. A medida que aumenta la cantidad de sustitución de carne por concentrado de proteína de soya, la aceptación del color tiende a disminuir.

Siendo el color un atributo sensorial importante en productos cárnicos emulsionados, debido a que los consumidores tienden a asociarlo con la apariencia, por lo cual genera la primera impresión que condiciona la aceptación general (E. B. Santos et al., 2022). Las tonalidades rojizas intensas y la grasa uniforme bien distribuida en las emulsiones cárnicas como el chorizo, son estabilidades en la apariencia visual, por lo que tienen una influencia directa en la decisión de aceptación de color (Lin et al., 2024).

La disminución que se presentó en el Tratamiento 2 y 3 son afectados por la reducción de carne de res, que es el responsable de dar pigmento y brindar la tonalidad roja característica de las emulsiones cárnicas. Al ser sustituida, el color tiende a aclararse y ser de menor atractividad. La mioglobina y sus derivados oximioglobina y metamioglobina son responsables de la tonalidad rojiza característica de un producto cárnico esta característica disminuye al ser sustituida la res (Baune et al., 2023) La interacción entre los pigmentos cárnicos y los compuestos vegetales permitió conservar un

color con mayor atractividad y uniformidad, característica que los consumidores asociaron con fresca.

Adicionalmente la matriz se asocia con la modificación y estabilidad del color, dado que ciertos compuestos fenólicos que se encuentran en la soya interactúan con los pigmentos cárnicos, la cual aceleran el proceso de oxidación impactando negativamente la aceptación (Guerrero et al., 2015). El estudio de Kumari et al. (2023), documenta resultados coherentes con los de esta investigación; al sustituir carne por emulsiones de soya en salchichas, donde se observaron cambios en el atributo de color con tendencia a disminuir puntuación sensorial, cuando el porcentaje de sustitución está en aumento.

De la misma forma Lin et al. (2024), reporta que las alternativas vegetales se ven afectadas en el color al ser uno de los principales retos para asimilarse a la carne. Así mismo las proteínas en altas porciones, minimizaron la similitud cromática, perjudicando la aceptación.

### ***Olor***

Los resultados obtenidos en la prueba de aceptación para atributos de olor en el Cuadro 7, reflejaron una disminución al ser calificados a través de la escala hedónica en rango de 7 me gusta moderadamente y 6 me gusta poco, lo cual se presentó en una diferencia significativa entre los tratamientos ( $P > 0.05$ ), estos resultados indicaron que el concentrado de proteína de soya genera modificaciones en el perfil aromático del chorizo, lo cual generó diferencia en la percepción sensorial de los consumidores.

El olor es un atributo clave, debido a que este se relaciona directamente con la liberación de compuestos volátiles, derivados de la oxidación lipídica y la desnaturalización proteica durante la cocción y el almacenamiento (Pelser et al., 2007).

La carne de res aportó aromas que se caracterizan por la presencia de grasa animal mioglobina y reaccione de Maillard responsable de darle aromas típicos de embutidos cocidos. Al ser sustituida la carne, la reducción de lípidos animales y pigmentos hemo reflejan disminución en la formación de compuestos volátiles, alterado la complejidad en el aroma (Gutierrez Varas y Siche, 2022). Estudios

previos en salchichas con sustitución de carne por emulsiones de soya, indicaron que los puntajes de olor disminuyen a medida aumenta la sustitución, debido a la reducción de aroma cárnica e incorporación de notas vegetales (Wi et al., 2020).

Así mismo Baune et al. (2023), indica que la sustitución parcial de un 50 %, de carne a bajas porciones de proteína vegetal, logran mantener un perfil aromático aceptable, siempre que exista un buen control e interacción. Lo cual coincide con los valores obtenidos, donde la disminución en la aceptación fue menos pronunciada que la sustitución al 100% y un nivel intermedio de sustitución logró mantener y conservar de mejor forma la percepción del olor.

En general, los resultados de esta investigación confirman que la sustitución total de res por concentrado de proteína de soya, comprometen la aceptabilidad del olor, lo que representa un reto amplio en el desarrollo de productos cárnicos emulsionados.

### **Cuadro 7**

*Promedio y desviación estándar (D.E.) de atributos de apariencia, color y olor, de los tratamientos de chorizo cocido con sustituciones de carne de res por concentrado de proteína de soya y agua.*

Tratamiento	Apariencia	Color	Olor
	Media ± D.E.	Media ± D.E.	Media ± D.E.
T1-Control	7.40 ± 1.62 <sup>a</sup>	7.62 ± 1.38 <sup>a</sup>	7.44 ± 1.53 <sup>a</sup>
T2-CPS 50%	7.14 ± 1.39 <sup>a</sup>	7.10 ± 1.33 <sup>b</sup>	6.92 ± 1.48 <sup>b</sup>
T3-CPS 100%	6.67 ± 1.45 <sup>b</sup>	6.53 ± 1.79 <sup>c</sup>	6.58 ± 1.64 <sup>c</sup>
CV%	16.10	16.94	17.03

*Nota.* a-b: Diferentes letras en la misma columna indican diferencias significativas entre tratamientos (P<0.05), CV: Coeficiente de Variación,

CPS: Concentrado de Proteína de Soya, Tratamiento1: 0% sustitución de carne de res por mezcla de concentrado de soya y agua, Tratamiento 2: 50% de sustitución de carne de res por mezcla concentrado de soya y agua y Tratamiento 3: 100% de sustitución de carne de res por mezcla de concentrado de soya y agua.

### **Sabor**

Los resultados para el atributo sabor en el Cuadro 8, muestran disminución significativa (P <0.05) entre los tratamientos, con una tendencia decreciente en la aceptación, a medida aumenta el porcentaje de sustitución de la res por CPS, El tratamiento control obtuvo mayor calificación, seguido del 2 y el Tratamiento 3 mostró la menor puntuación con mayor dispersión entre panelistas. Por lo que

los resultados evidenciaron que la sustitución parcial de un 50% mantuvieron una aceptación sensorial cercana al control, mientras que la sustitución del 100% de la res, disminuyó con significancia. La aparición de notas indeseables o sensaciones que perjudicaron al paladar resaltaron más al CPS y por ende el consumidor los percibió. Las proteínas vegetales, se enfrentaron a un gran desafío en términos de sabor. Estudios realizados han documentado que la soya es una fuente viable de aportes relevantes a embutidos, pero el perfil sensorial de sabor limita su consumo (Jiang et al., 2024).

El sabor contribuye a los principales retos de reformulación de productos cárnicos, como proteínas vegetales, debido a su difícil imitación al perfil cárnico, sin generar atributos no deseados (Kumari et al., 2024). Compuestos por aldehídos y cetonas contribuyen a sabores no deseados en productos cárnicos a base de plantas (Jiang et al., 2024). Además de ello hay presencia de saponinas en la soya la cual imparte sabores astringentes o amargos, teniendo un impacto negativo en la aceptación de un producto (Appiani et al., 2023).

Asimismo, investigaciones en matrices cárnicas reformuladas han demostrado que sustituciones parciales (<50 %) son más aceptables sensorialmente, mientras que niveles más altos requieren ajustes adicionales en condimentos y técnicas de procesamiento para alcanzar una aceptabilidad (Ma et al., 2022). En este contexto, los hallazgos de la presente investigación confirman que la sustitución del 50 % representa un umbral viable para conservar la aceptabilidad del sabor, mientras que la sustitución total requiere intervenciones tecnológicas adicionales orientadas a mejorar la percepción sensorial del producto.

### ***Textura***

Para los resultados de textura (Cuadro 8), se observó que el Tratamiento 1 y el Tratamiento 2 con sustitución parcial del 50% de CPS recibieron la calificación de 7 me gusta moderadamente por lo que no presentaron diferencia significativa, sin embargo, en el incremento en sustitución del 100% se observó diferencia significativa ( $P > 0.05$ ), en la cual la textura recibió menor calificación obteniendo un 6 me gusta poco. Lo cual evidencia que la sustitución mayor de CPS por res modifica de manera negativa las propiedades estructurales del chorizo cocido.

Este comportamiento se atribuye a la capacidad de retención de agua del concentrado a diferencia de la proteína cárnica, donde desempeñó un papel estructural, firmeza y jugoso (Velemir et al., 2020). Al ser remplazada completamente la carne de res, la red de proteínas se debilita y genera una textura más seca, lo que afectó la aceptabilidad (Pintado y Delgado-Pando, 2020). El estudio realizado por M. d. Santos et al. (2022), reportó que las proteínas vegetales poseen capacidad de emulsificar y de retener agua, con un desempeño menor en comparación a proteína cárnica lo que compromete la textura final del producto.

Asimismo Schmid et al. (2024) señalaron que los análogos cárnicos a base de soya suelen presentar una textura más fibrosa y de menor jugosidad que los productos de origen cárnico, lo cual dificulta su aceptación.

La sustitución parcial del 50% es utilizada como estrategia viable que mantienen una buena textura sensorial comparable al control, que favorecen la cohesión y jugosidad. Mientras que la sustitución del 100% afectan la percepción del sabor, existiendo una ausencia de jugosidad, generando una estructura seca y menos atractiva. Estos resultados concuerdan con Kyriakopoulou et al. (2021), quien indica que los análogos cárnicos se encuentran en un gran desafío, en la reproducción de jugosidad y firmeza propias de la carne, que es un atributo de determinación para la aceptación.

### ***Aceptación General***

Para la aceptación general del Cuadro 8, se presenta el valor promedio obtenidos mediante una escala hedónica de 9 puntos. Los resultados indicaron que la sustitución parcial de proteína animal, por el CPS en chorizo cocido, mantuvieron una aceptación general similar en el Tratamiento 1 y 2, no afectando significativamente la aceptación general. Sin embargo, el Tratamiento 3 obtuvo una menor aceptación por lo que, se observa que hay estadísticamente diferencia significativa ( $p < 0.05$ ). Esto indica que a niveles moderados de sustitución pueden ser considerados estrategias favorables para mejoras de perfil nutricional y ambiental del producto.

Del Bo' et al. (2024), destaca que la sustitución parcial de carne por proteína vegetal tiende a ser de mayor aceptación sensorial que una sustitución total en un producto cárnico. La reducción de

aceptación puede estar influenciada a los diversos atributos que afectan la percepción, como el estar asociados con productos cárnicos (Kumari et al., 2023).

A pesar de que la proteína de soya es reconocida por su aporte nutricional, también pueden influenciar en un alimento en cuanto a su sabor por notas amargas o astringentes, lo cual genera un impacto negativo en la percepción del sabor y la aceptación del producto (Xiao et al., 2023). De esta manera la aceptación sensorial se ve afectada según la cantidad de sustitución de proteína animal por CPS en la formulación.

La sustitución parcial de proteína en chorizo cocido es una estrategia variable para mejorar el perfil nutricional y ambiental del producto, manteniendo niveles adecuados de la aceptación (Del Bo' et al., 2024). El estudio realizado por Baune et al. (2023), demuestra que niveles moderados de sustitución (20%-50%), tienden a tener buena aceptabilidad por la buena percepción en la palatabilidad, mientras que en sustituciones totales suelen ser asociados a sabores desagradables y menor aceptación.

### Cuadro 8

*Promedio y desviación estándar (D.E.) de atributos de sabor, textura y aceptación general de los tratamientos de chorizo cocido con sustituciones de carne de res por concentrado de proteína de soya y agua.*

Tratamiento	Sabor	Textura	Aceptación General
	Media $\pm$ D.E.	Media $\pm$ D.E.	Media $\pm$ D.E.
T1-Control	7.60 $\pm$ 1.30 <sup>a</sup>	7.60 $\pm$ 1.49 <sup>a</sup>	7.55 $\pm$ 1.39 <sup>a</sup>
T2-CPS 50%	7.19 $\pm$ 1.37 <sup>b</sup>	7.30 $\pm$ 1.31 <sup>a</sup>	7.26 $\pm$ 1.28 <sup>a</sup>
T3-CPS 100%	6.36 $\pm$ 1.91 <sup>c</sup>	6.54 $\pm$ 1.70 <sup>b</sup>	6.53 $\pm$ 1.59 <sup>b</sup>
CV%	19.17	18.29	18.21

*Nota.* a-b: Diferentes letras en la misma columna indican diferencias significativas entre tratamientos ( $P < 0.05$ ), CV: Coeficiente de

Variación, CPS: Concentrado de Proteína de Soya, Tratamiento1: 0% sustitución de carne de res por mezcla de concentrado de soya y agua, Tratamiento 2: 50% de sustitución de carne de res por mezcla concentrado de soya y agua y Tratamiento 3: 100% de sustitución de carne de res por mezcla de concentrado de soya y agua.

### **Análisis de Correlación**

Para el análisis de correlación (Cuadro 9) se pueden observar los diferentes atributos de apariencia, color, olor, sabor y textura con respecto a la aceptación general, mostraron una relación positiva ( $p < 0.0001$ ) entre ellos. Donde el atributo de mayor Coeficiente de Pearson es el sabor con un valor de ( $r = 0.8123$ ), seguido de la textura, color, olor y apariencia. Lo que indica que a medida que los consumidores suelen percibir mejoras en los atributos, aumentan la aceptación general del chorizo cocido sostenible. El sabor es considerado como el principal determinante de preferencia, ya que se destacan que los productos cárnicos reformulados con proteínas son alternativas que dependen de un perfil gustativo para mantener el perfil.

En sustitución de proteína de soya en productos cárnicos emulsionados, el sabor fue uno de los factores más relevantes para determinar la preferencia sensorial, lo que confirma una relación directa con la aceptación general, lo cual se refleja en una correlación alta (Manning et al., 2023).

### **Cuadro 9**

*Resultados de análisis de correlación de los atributos apariencia, color, olor, sabor y textura con la aceptación general de tratamientos en la sustitución de chorizo cocido.*

		Coeficiente de Pearson en Correlación $P >  r $ suponiendo $H_0: \rho = 0$				
		Apariencia	Color	Olor	Sabor	Textura
Aceptación General	CCP	0.61055	0.65361	0.63762	0.81234	0.69822
	P	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001

*Nota.* Número de observaciones 110, P: Probabilidad ( $p < 0.05$ ), CCP: Coeficiente de Correlación de Pearson.

### **Análisis Prueba de Preferencia**

Los resultados de la prueba de preferencia mediante la prueba de Basker y Kramer (Cuadro 10), evidenciaron diferencias claras entre los tratamientos evaluados, cómo el nivel de sustitución de carne por concentrado de proteína de soya influyó en la aceptabilidad. El tratamiento con 100% de sustitución de carne por CPS es significativamente diferente al tratamiento 1 y 2 debido a que los valores de la resta están respectivamente con un valor de 91 y 57, superando el valor crítico de 34.8, lo cual indica que este producto ha sido el de menor aceptación. En contraste la diferencia entre el

Tratamiento 1 y el Tratamiento 2 con 50% de sustitución obtuvieron un valor de 34, lo cual es inferior al valor crítico, lo que demuestra que ambos han sido estadísticamente similares en términos de preferencia. Por lo tanto, los resultados de la sustitución parcial de un 50% no alteraron de forma significativa en la aceptación global, mientras que la sustitución total de la carne de res generó cambios que reducen la preferencia de los consumidores.

El estudio realizado por Redondo-Solano et al. (2023), confirmó que el remplazo parcial de la carne por proteína vegetal puede mantener una aceptación favorable a diferencia de una sustitución total de la res, que puede generar sabores amargos, lo cual intensifica a niveles elevados de sustitución. E. B. Santos et al. (2022), realizaron la investigación de embutidos reformulados indicando que los consumidores muestran mayor disposición de aceptación a mezclas híbridas de carne y proteína vegetal que productos con sustitución mayor de proteína vegetal, debido a que el perfil sensorial mantiene un mayor equilibrio.

De esta manera Fiorentini et al. (2020), indicó hallazgos que reafirman que una sustitución parcial de la res es viable para conservar la preferencia de los consumidores, debido a que los análogos cárnicos carecen de propiedades sensoriales claves, como el sabor y aroma característicos de la carne. La reducción significativa de la aceptación del consumidor, con menor preferencia se observó en el tratamiento 100 %.

## Cuadro 10

*Resultados de análisis sensorial de preferencia haciendo uso de la tabla de Basker y Kramer en el chorizo cocido con sustitución de concentrado de proteína de soya.*

Tratamiento	Control	Tratamiento 50%	Tratamiento 100%
Suma de Categorías	178	212	269
T1-Control	178	0	-34
T2-CPS 50%	212	34	0
T3-CPS 100%	269	91	57

*Nota.* Valor crítico para la prueba de basker es de 34.8 para 110 panelistas y 3 tratamientos. Valores inferiores al valor critico representa que no hay diferencia significativa ( $P > 0.05$ ), Tratamiento1: 0% sustitución de carne de res por mezcla de concentrado de soya y agua, Tratamiento 2: 50% de sustitución de carne de res por mezcla concentrado de soya y agua y Tratamiento 3: 100% de sustitución de carne de res por mezcla de concentrado de soya y agua.

### **Conclusiones**

Sensorialmente, la sustitución parcial al 50 % mantuvo la aceptación del consumidor con niveles similares al control, mientras que el 100 % redujo sabor, olor y cambios cromáticos. Estos resultados evidencian que la sustitución parcial con concentrado de proteína de soya son una estrategia adecuada para desarrollar chorizos cocidos híbridos más sostenibles sin comprometer la calidad organoléptica.

La incorporación de concentrado de proteína de soya en sustitución parcial de carne de res fue viable, sin diferencias significativas en pH, textura y rendimiento de cocción, manteniendo la estabilidad de la emulsión y la funcionalidad del chorizo. El color se conservó en el 50 %, mientras que el 100 % presentó alteraciones perceptibles.

El análisis microbiológico confirmó que todos los tratamientos cumplieron con los límites establecidos para coliformes totales y mesófilos aerobios, garantizando la inocuidad del producto y validando la seguridad de su reformulación con concentrado de proteína de soya.

### **Recomendaciones**

Se sugiere evaluar la incorporación de enzimas con el propósito de compensar la suavidad que pueden generar las proteínas vegetales.

Realizar análisis de fibra dietética, para determinar el aporte nutricional del producto

Realizar análisis de proteína para evaluar si el producto se considera fuente o excelente fuente proteica para el consumidor.

Realizar análisis de vida útil, en cámaras incubadoras, para determinar cuál es el tiempo de vida útil del producto.

## Referencias

- Anyiam, P. N., Phongthai, S., Grossmann, L., Jung, Y. H., Sai-Ut, S., Onsaard, E. y Rawdkuen, S. (2025). Potential plant proteins for functional food ingredients: Composition, utilization and its challenges. *NFS Journal*, *38*, 100216. <https://doi.org/10.1016/j.nfs.2025.100216>
- Appiani, M., Cattaneo, C. y Laureati, M. (2023). Sensory properties and consumer acceptance of plant-based meat, dairy, fish and eggs analogs: a systematic review. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, *7*, Artículo 1268068. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2023.1268068>
- Barmettler, K., Waser, S. y Stephan, R. (2025). Microbiological Quality of Plant-based Meat-alternative Products Collected at Retail Level in Switzerland. *Journal of Food Protection*, *88*(1), 100402. <https://doi.org/10.1016/j.jfp.2024.100402>
- Baune, M.-C., Broucke, K., Ebert, S., Gibis, M., Weiss, J., Enneking, U., Profeta, A., Terjung, N. y Heinz, V. (2023). Meat hybrids—An assessment of sensorial aspects, consumer acceptance, and nutritional properties. *Frontiers in Nutrition*, *10*, Artículo 1101479. <https://doi.org/10.3389/fnut.2023.1101479>
- Baune, M.-C., Terjung, N., Tülbek, M. Ç. y Boukid, F. (2022). Textured vegetable proteins (TVP): Future foods standing on their merits as meat alternatives. *Future Foods*, *6*, 100181. <https://doi.org/10.1016/j.fufo.2022.100181>
- Bruce, A., Johnson, A., Lewis, J., Raff, M., Keith, R. y Walter, P. (Eds.). (2002). *Biología Molecular de la Célula. 4ª edición.: La forma y la estructura de las proteínas*. Ediciones Omega, S.A. (Barcelona).
- Carballo, J. (2021). Sausages: Nutrition, Safety, Processing and Quality Improvement. *Foods*, *10*(4), 890. <https://doi.org/10.3390/foods10040890>
- Chataut, G., Bhatta, B., Joshi, D., Subedi, K. y Kafle, K. (2023). Greenhouse gases emission from agricultural soil: A review. *Journal of Agriculture and Food Research*, *11*, 100533. <https://doi.org/10.1016/j.jafr.2023.100533>
- Compañía Archer Daniels Midland. (2024). *Concentrados de proteína de soja*. <https://www.adm.com/en-us/products-services/human-nutrition/products/plant-proteins/soy-protein/>
- Del Bo', C., Chehade, L., Tucci, M., Canclini, F., Riso, P. y Martini, D. (2024). Impact of Substituting Meats with Plant-Based Analogues on Health-Related Markers: A Systematic Review of Human Intervention Studies. *Nutrients*, *16*(15), 2498. <https://doi.org/10.3390/nu16152498>
- Departamento de Agricultura de los Estados Unidos. (2021). *Guía de cocción del FSIS para productos cárnicos y avícolas (Apéndice A revisado)*. <https://www.fsis.usda.gov/guidelines/2021-0014>
- Ding, Y., Chen, L., Shi, Y., Akhtar, M., Chen, J. y Ettelaie, R. (2021). Emulsifying and emulsion stabilizing properties of soy protein hydrolysates, covalently bonded to polysaccharides: The impact of enzyme choice and the degree of hydrolysis. *Food Hydrocolloids*, *113*, 106519. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2020.106519>
- dos Santos, M., Ribeiro, W. O., Monteiro, J. d. S., dos Santos, B. A., Campagnol, P. C. B. y Pollonio, M. A. R. (2023). Effect of Transglutaminase Treatment on the Structure and Sensory Properties of Rice- or Soy-Based Hybrid Sausages. *Foods*, *12*(23), 4226. <https://doi.org/10.3390/foods12234226>

- Fiorentini, M., Kinchla, A. J. y Nolden, A. A. (2020). Role of Sensory Evaluation in Consumer Acceptance of Plant-Based Meat Analogs and Meat Extenders: A Scoping Review. *Foods*, 9(9), 1334. <https://doi.org/10.3390/foods9091334>
- Galani, E., Ly, I., Laurichesse, E., Schmitt, V., Xenakis, A. y Chatzidaki, M. D. (2023). Pea and Soy Protein Stabilized Emulsions: Formulation, Structure, and Stability Studies. *Colloids and Interfaces*, 7(2), 30. <https://doi.org/10.3390/colloids7020030>
- Gao, T.-T., Liu, J.-X., Gao, X., Zhang, G.-Q. y Tang, X.-Z. (2023). Stability and Digestive Properties of a Dual-Protein Emulsion System Based on Soy Protein Isolate and Whey Protein Isolate. *Foods*, 12(11), 2247. <https://doi.org/10.3390/foods12112247>
- Giezenaar, C., Orr, R. E., Godfrey, A. J. R., Maggs, R., Foster, M. y Hort, J. (2024). Profiling the novel plant-based meat alternative category: Consumer affective and sensory response in the context of perceived similarity to meat. *Food Research International*, 188, 114465. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2024.114465>
- Grasso, S., Smith, G., Bowers, S., Ajayi, O. M. y Swainson, M. (2019). Effect of texturised soy protein and yeast on the instrumental and sensory quality of hybrid beef meatballs. *Journal of Food Science and Technology*, 56(6), 3126–3135. <https://doi.org/10.1007/s13197-018-3552-9>
- Guerrero, P., O'Sullivan, M. G., Kerry, J. P. y La Caba, K. de (2015). Application of soy protein coatings and their effect on the quality and shelf-life stability of beef patties. *RSC Advances*, 5(11), 8182–8189. <https://doi.org/10.1039/c4ra13421d>
- Gutierrez Varas, M. A. y Siche, R. (2022). Producción de salchichas saludables: Una revisión de los sustitutos de origen vegetal para grasa, carne y sales. *Manglar*, 19(4), 379–389. <https://doi.org/10.57188/manglar.2022.048>
- Hew, C. M., Hajmeer, M. N., Farver, T. B., Glover, J. M. y Cliver, D. O. (2005). Survival of *Listeria monocytogenes* in Experimental Chorizos. *Journal of Food Protection*, 68(2), 324–330. <https://doi.org/10.4315/0362-028x-68.2.324>
- Hidayat, B. T., Wea, A. y Andriati, N. (2017). Physicochemical, sensory attributes and protein profile by SDS-PAGE of beef sausage substituted with texturized vegetable protein. *Food Research*, 2(1), 20–31. [https://doi.org/10.26656/fr.2017.2\(1\).106](https://doi.org/10.26656/fr.2017.2(1).106)
- Instituto de Tecnólogos de Alimentos. (2024). *Las diez principales tendencias alimentarias del IFT para 2025*. <https://www.ift.org/news-and-publications/blog/2024/ifts-top-ten-food-trends-for-2025>
- Jang, J. y Lee, D.-W. (2024). Advancements in plant based meat analogs enhancing sensory and nutritional attributes. *Npj Science of Food*, 8(1). <https://doi.org/10.1038/s41538-024-00292-9>
- Jiang, W., Yang, X. y Li, L. (2024). Flavor of extruded meat analogs: A review on composition, influencing factors, and analytical techniques. *Current Research in Food Science*, 8, 100747. <https://doi.org/10.1016/j.crfs.2024.100747>
- Kumari, S., Alam, A. N [A. NurulM.M.], Hossain, M. J., Lee, E.-Y., Hwang, Y.-H. y Joo, S.-T. (2023). *Sensory Evaluation of Plant-Based Meat: Bridging the Gap with Animal Meat, Challenges and Future Prospects*. <https://doi.org/10.20944/preprints202312.1546.v1>
- Kumari, S., Alam, A. N [Amm Nurul], Hossain, M. J., Lee, E.-Y., Hwang, Y.-H. y Joo, S.-T. (2024). Sensory Evaluation of Plant-Based Meat: Bridging the Gap with Animal Meat, Challenges and Future Prospects. *Foods*, 13(1), 108. <https://doi.org/10.3390/foods13010108>

- Kyriakopoulou, K., Keppler, J. K. y van der Goot, A. J. (2021). Functionality of Ingredients and Additives in Plant-Based Meat Analogues. *Foods*, *10*(3), 600. <https://doi.org/10.3390/foods10030600>
- Lewis, L. y Riefler, P. (2023). Cultured meat acceptance for global food security: a systematic literature review and future research directions. *Agricultural and Food Economics*, *11*(1). <https://doi.org/10.1186/s40100-023-00287-2>
- Lin, H.-T. V., Huang, L.-H., Tsai, J.-S. y Sung, W.-C. (2024). Effect of Whey Protein Isolate and Soy Protein Isolate on Textural Properties and Syneresis of Frozen Traditional Chinese Hot Pot Egg Sausage Gels. *Gels*, *10*(12), 815. <https://doi.org/10.3390/gels10120815>
- Ma, K. K., Greis, M., Lu, J., Nolden, A. A., McClements, D. J. y Kinchla, A. J. (2022). Functional Performance of Plant Proteins. *Foods*, *11*(4), 594. <https://doi.org/10.3390/foods11040594>
- Manning, L., Brewer, S., Craigon, P. J., Frey, J., Gutierrez, A., Jacobs, N., Kanza, S., Munday, S., Sacks, J. y Pearson, S. (2023). Reflexive governance architectures: Considering the ethical implications of autonomous technology adoption in food supply chains. *Trends in Food Science & Technology*, *133*, 114–126. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2023.01.015>
- Milana, M., van Asselt, E. D. y van der Fels-Klerx, H. J. (2024). The chemical and microbiological safety of emerging alternative protein sources and derived analogues: A review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, *23*(4), Artículo e13377. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.13377>
- Mínguez Balaguer, C., Calvo Capilla, A., Zeas Delgado, V. A. y Sánchez Macías, D. (2019). A comparison of the growth performance, carcass traits, and behavior of guinea pigs reared in wire cages and floor pens for meat production. *Meat Science*, *152*, 38–40. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2019.02.012>
- Onwezen, M. C., Bouwman, E. P., Reinders, M. J. y Dagevos, H. (2021). A systematic review on consumer acceptance of alternative proteins: Pulses, algae, insects, plant-based meat alternatives, and cultured meat. *Appetite*, *159*, 105058. <https://doi.org/10.1016/j.appet.2020.105058>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2023). *Evaluación de la calidad de las proteínas dietéticas en la nutrición humana: Informe de una consulta de expertos de la FAO*. <https://www.fao.org/ag/humannutrition/35978-02317b979a686a57aa4593304ffc17f06.pdf>
- Pelser, W. M., Linsen, J. P., Legger, A. y Houben, J. H. (2007). Lipid oxidation in n-3 fatty acid enriched Dutch style fermented sausages. *Meat Science*, *75*(1), 1–11. <https://doi.org/10.1016/J.MEATSCI.2006.06.007>
- Pelton, R. E. O., Kazanski, C. E., Keerthi, S., Racette, K. A., Gennet, S., Springer, N., Yacobson, E., Wironen, M., Ray, D., Johnson, K. y Schmitt, J. (2024). Greenhouse gas emissions in US beef production can be reduced by up to 30% with the adoption of selected mitigation measures. *Nature Food*, *5*(9), 787–797. <https://doi.org/10.1038/s43016-024-01031-9>
- Pintado, T. y Delgado-Pando, G. (2020). Towards More Sustainable Meat Products: Extenders as a Way of Reducing Meat Content. *Foods*, *9*(8), 1044. <https://doi.org/10.3390/foods9081044>
- Porcella, M., Sánchez, G., Vaudagna, S., Zanelli, M., Descalzo, A., Meichtri, L., Gallinger, M. y Lasta, J. (2001). Soy protein isolate added to vacuum-packaged chorizos: effect on drip loss, quality characteristics and stability during refrigerated storage. *Meat Science*, *57*(4), 437–443. [https://doi.org/10.1016/s0309-1740\(00\)00122-4](https://doi.org/10.1016/s0309-1740(00)00122-4)

- Prado, F. G., Pagnoncelli, M. G. B., Melo Pereira, G. V. de, Karp, S. G. y Soccol, C. R. (2022). Fermented Soy Products and Their Potential Health Benefits: A Review. *Microorganisms*, 10(8), 1606. <https://doi.org/10.3390/microorganisms10081606>
- Prajapati, P., Garg, M., Singh, N., Chopra, R., Mittal, A. y Sabharwal, P. K. (2024). Transforming plant proteins into plant-based meat alternatives: challenges and future scope. *Food Science and Biotechnology*, 33(15), 3423–3443. <https://doi.org/10.1007/s10068-024-01683-0>
- Redondo-Solano, M., Valenzuela-Martínez, C., Cordero-Calderón, V. y Araya-Morice, A. (2023). Calidad microbiológica de embutidos crudos: estudio del caso en Latinoamérica. *Archivos Latinoamericanos De Nutrición*, 73(3), 201–213. <https://doi.org/10.37527/2023.73.3.004>
- Robbani, R. B., Hossen, M. M., Mitra, K., Haque, M. Z., Zubair, M. A., Khan, S. y Uddin, M. N. (2022). Nutritional, Phytochemical, and In Vitro Antioxidant Activity Analysis of Different States of Soy Products. *International Journal of Food Science*, 2022, 1–14. <https://doi.org/10.1155/2022/9817999>
- Rotz, C. A., Asem-Hiablie, S., Place, S. y Thoma, G. (2019). Environmental footprints of beef cattle production in the United States. *Agricultural Systems*, 169, 1–13. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2018.11.005>
- Santamaría-Ulloa, C. y Bekelman, T. A. (2021). Consumo de embutidos en mujeres costarricenses: efecto del nivel socioeconómico. *Revista De Biología Tropical*, 69(2), 665–677. <https://doi.org/10.15517/rbt.v69i2.45428>
- Santos, E. B., Da Costa Maynard, D., Zandonadi, R. P., Raposo, A. y Botelho, R. B. A. (2022). Sustainability Recommendations and Practices in School Feeding: A Systematic Review. *Foods*, 11(2), 176. <https://doi.org/10.3390/foods11020176>
- Santos, M. d., Da Rocha, D. A. V. F., Bernardinelli, O. D., Oliveira Júnior, F. D., Sousa, D. G. de, Sabadini, E., Da Cunha, R. L., Trindade, M. A. y Pollonio, M. A. R. (2022). Understanding the Performance of Plant Protein Concentrates as Partial Meat Substitutes in Hybrid Meat Emulsions. *Foods*, 11(21), 3311. <https://doi.org/10.3390/foods11213311>
- Schmid, E.-M., Farahnaky, A., Adhikari, B., Savadkoohi, S. y Torley, P. J. (2024). Investigation into the physiochemical properties of soy protein isolate and concentrate powders from different manufacturers. *International Journal of Food Science & Technology*, 59(3), 1679–1693. <https://doi.org/10.1111/ijfs.16923>
- Siddiqui, S. A., Khalifa, I., Yin, T., Morsy, M. K., Khoder, R. M., Salauddin, M., Farzana, W., Sharma, S. y Khalid, N. (2024). Valorization of plant proteins for meat analogues design—a comprehensive review. *European Food Research and Technology*, 250(10), 2479–2513. <https://doi.org/10.1007/s00217-024-04565-1>
- Suman, S. P., Nair, M. N., Joseph, P. y Hunt, M. C. (2016). Factors influencing internal color of cooked meats. *Meat Science*, 120, 133–144. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2016.04.006>
- Szenderák, J., Fróna, D. y Rákos, M. (2022). Consumer Acceptance of Plant-Based Meat Substitutes: A Narrative Review. *Foods*, 11(9), 1274. <https://doi.org/10.3390/foods11091274>
- Tang, M., Miri, T., Soltani, F., Onyeaka, H. y Al-Sharify, Z. T. (2024). Análisis del ciclo de vida de las hamburguesas vegetales frente a las de carne de vacuno: un estudio de caso en el Reino Unido. *Sustainability*, 16(11), 4417. <https://doi.org/10.3390/su16114417>

- Velemir, A., Mandić, S., Vučić, G. y Savanović, D. (2020). Effects of non-meat proteins on the quality of fermented sausages. *Foods and Raw Materials*, 8(2), 259–267. <https://doi.org/10.21603/2308-4057-2020-2-259-267>
- Wambui, J. M., Karuri, E. G. y Wanyoike, M. M. M. (2017). Application of Response Surface Methodology to Study the Effects of Brisket Fat, Soy Protein Isolate, and Cornstarch on Nutritional and Textural Properties of Rabbit Sausages. *International Journal of Food Science*, 2017, 1–11. <https://doi.org/10.1155/2017/7670282>
- Wi, G., Bae, J., Kim, H., Cho, Y. y Choi, M.-J. (2020). Evaluation of the Physicochemical and Structural Properties and the Sensory Characteristics of Meat Analogues Prepared with Various Non-Animal Based Liquid Additives. *Foods*, 9(4), 461. <https://doi.org/10.3390/foods9040461>
- Xiao, X., Zou, P.-R., Hu, F., Zhu, W. y Wei, Z.-J. (2023). Updates on Plant-Based Protein Products as an Alternative to Animal Protein: Technology, Properties, and Their Health Benefits. *Molecules*, 28(10), 4016. <https://doi.org/10.3390/molecules28104016>
- Zhang, J., Li, D., Zhang, Y., Tang, J., Shi, S., Zeng, X., Chen, H., Pang, J. y Wu, C. (2025). The effects of soy protein isolate-based composite gels as pork back fat substitutes in low-fat emulsified sausage. *Food Research International*, 218, 116945. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2025.116945>
- Zhu, X., Tan, B., Li, K., Liu, S., Gu, Y., Xia, T., Bai, Y., Wang, P. y Wang, R. (2022). The Impacts of Different Pea Protein Isolate Levels on Functional, Instrumental and Textural Quality Parameters of Duck Meat Batters. *Foods*, 11(11), 1620. <https://doi.org/10.3390/foods11111620>
- Zhu, Y., Yan, Y., Yu, Z., Wu, T. y Bennett, L. E. (2022). Effects of high pressure processing on microbial, textural and sensory properties of low-salt emulsified beef sausage. *Food Control*, 133, 108596. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2021.108596>

## Anexos

## Anexo A

## Boleta de evaluación sensorial

## Boleta de Evaluación Sensorial

Prueba de aceptación sensorial de chorizo cocido mediante la sustitución de carne de res, por concentrado de soya (*Glycine max*), Tomar en cuenta el alergeno.

Nacionalidad: \_\_\_\_\_ Edad: \_\_\_\_\_ Fecha: \_\_\_\_\_

**Instrucciones:** a continuación, se le presentan 3 muestras de chorizo cocido. Le pedimos de su colaboración para observar y degustar cada una de ellas en el orden que se les son presentadas, empezando por la muestra que se encuentra al lado izquierdo. Antes y después de degustar cada muestra, consuma un trozo de galleta tipo SODA y limpie su paladar con un sorbo de agua. Evalúe los atributos sensoriales según la escala de la tabla 1 y anote su respuesta en la tabla 2.

Cuadro 1. Escala afectiva

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Me disgusta extremadamente	Me disgusta mucho	Me disgusta moderadamente	Me disgusta poco	Ni me gusta ni me disgusta	Me gusta poco	Me gusta moderadamente	Me gusta mucho	Me gusta Extremadamente

Cuadro 2. Atributos por evaluar

Atributos	Muestra _____	Muestra _____	Muestra _____
Apariencia			
Olor			
Color			
Sabor			
Textura			
Aceptación general			

Comentario: \_\_\_\_\_

## Prueba de preferencia

**Instrucciones:** Una vez que haya degustado las 3 muestras, ordénelas de acuerdo con el nivel de preferencia personal, asignando el numero 1 a la de mayor preferencia y 3 a la de menor preferencia. Asegúrese de haber probado todas las muestras antes de tomar su decisión **No se permiten empates.**

# Muestra	Orden de preferencia

Justifique: \_\_\_\_\_

## Anexo B

Tabla de Prueba de Basker y Kramer "Valor crítico de diferencia entre suma"

Número de panelistas	Número de productos								
	2	3	4	5	6	7	8	9	10
20	8.8	14.8	21.0	27.3	33.7	40.3	47	53.7	60.6
21	9.0	15.2	21.5	28.0	34.6	41.3	48.1	55.1	62.1
22	9.2	15.5	22.0	28.6	35.4	42.3	49.2	56.4	63.5
23	9.4	15.9	22.5	29.3	36.2	43.2	50.3	57.6	65.0
24	9.6	16.2	23.0	29.3	36.9	44.1	51.4	58.9	66.4
25	9.8	16.6	23.5	29.9	37.7	45.0	52.5	60.1	67.7
26	10.0	16.9	23.9	30.5	38.4	45.9	53.5	61.3	69.1
27	10.2	17.2	24.4	31.1	39.2	46.8	54.6	62.4	70.4
28	10.4	17.5	24.8	31.7	39.9	47.7	55.6	63.6	71.7
29	10.6	17.8	25.3	32.3	40.6	48.5	56.5	64.7	72.9
30	10.7	18.2	25.7	32.8	41.3	49.3	57.5	65.8	74.2
31	10.9	18.5	26.1	33.4	42.0	50.2	59.4	66.9	75.4
32	11.1	18.7	26.5	34.0	42.6	51.0	60.3	60.3	76.6
33	11.3	19.0	26.9	35.0	43.3	51.7	61.2	69.0	77.8
34	11.4	19.3	27.3	35.6	44.0	52.5	62.1	70.1	79.0
35	11.6	19.6	27.7	36.1	44.6	53.3	63	71.1	80.1
36	11.8	19.9	28.1	36.6	45.2	54.0	63.9	72.1	81.3
37	11.9	20.2	28.5	37.1	45.9	54.8	64.7	73.1	82.4
38	12.1	20.4	28.9	37.6	46.5	55.5	67.2	74.1	83.5
39	12.2	20.7	29.3	38.1	47.1	56.3	65.6	75.0	84.6
40	12.4	21.0	29.7	38.6	47.7	57.0	66.4	76.0	85.7
41	12.6	21.2	30.0	39.1	48.3	57.7	67.2	76.9	86.7
42	12.7	21.5	30.4	39.5	48.9	58.4	68	77.9	87.8
43	12.9	21.7	30.8	40.0	49.4	59.1	68.8	78.8	88.8
44	13.0	22.0	31.1	40.5	50.0	59.8	69.6	79.7	89.9
45	13.1	22.2	31.5	40.9	50.6	60.4	70.4	80.6	90.9
46	13.3	22.5	31.8	41.4	51.1	61.1	71.2	81.5	91.9
47	13.4	22.7	32.2	41.8	51.7	61.8	72	82.4	92.1
48	13.6	23.0	32.5	42.3	52.2	62.4	72.7	83.2	93.8
49	13.7	23.2	32.8	42.7	52.8	63.1	73.5	84.1	94.8
50	13.9	23.4	33.2	43.1	53.3	63.7	74.2	85.0	95.8
55	14.5	24.6	34.8	45.2	55.9	66.8	77.9	89.1	100.5
60	15.2	25.7	36.3	47.3	58.4	69.8	81.3	93.1	104.9
65	15.8	26.7	37.8	49.2	60.8	72.6	84.6	96.9	109.2
70	16.4	27.7	39.2	51.0	63.1	75.4	87.8	100.5	113.3
80	17.5	29.6	42.0	54.6	67.4	80.6	93.9	107.5	121.2
90	18.6	31.4	44.5	57.9	71.5	85.5	99.6	114.0	128.5
100	19.6	33.1	46.9	61.0	75.4	90.1	105	120.1	135.5
110	20.6	34.8	49.2	64.0	79.1	94.5	110.1	126.0	142.1
120	21.5	36.3	51.4	66.8	82.6	98.7	115	131.6	148.4

### Anexo C

*Resultados de análisis de correlación de los atributos apariencia, color, olor, sabor y textura con la aceptación general de tratamientos en la sustitución de chorizo cocido*

Variables	Apariencia	Olor	Color	Sabor	Textura	A. General
Apariencia	1	0.59982 <.0001	0.69335 <.0001	0.5539 <.0001	0.55547 <.0001	0.61055 <.0001
Olor	0.59982 <.0001	1	0.58649 <.0001	0.62435 <.0001	0.52361 <.0001	0.63762 <.0001
Color	0.69335 <.0001	0.58649 <.0001	1	0.58425 <.0001	0.56792 <.0001	0.65361 <.0001
Sabor	0.5539 <.0001	0.62435 <.0001	0.58425 <.0001	1	0.71243 <.0001	0.81234 <.0001
Textura	0.55547 <.0001	0.52361 <.0001	0.56792 <.0001	0.71243 <.0001	1	0.69822 <.0001
A. General	0.61055 <.0001	0.63762 <.0001	0.65361 <.0001	0.81234 <.0001	0.69822 <.0001	1

*Nota.* Número de observaciones 110, P: Probabilidad ( $p < 0.05$ ).