

Articulo científico_para turnitin.docx

 My Files My Files Universidad Peruana Union

Detalles del documento

Identificador de la entrega

trn:oid:::29566:523063354

Fecha de entrega

4 nov 2025, 7:09 p.m. GMT-5

Fecha de descarga

4 nov 2025, 7:13 p.m. GMT-5

Nombre del archivo

Articulo científico_para turnitin.docx

Tamaño del archivo

1.6 MB

23 páginas

6726 palabras

37.661 caracteres

3% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

Filtrado desde el informe

- Bibliografía
- Texto citado
- Texto mencionado
- Coincidencias menores (menos de 12 palabras)

Fuentes principales

- 2%  Fuentes de Internet
- 1%  Publicaciones
- 1%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alertas de integridad para revisión

No se han detectado manipulaciones de texto sospechosas.

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.

Fuentes principales

- 2% Fuentes de Internet
- 1% Publicaciones
- 1% Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Fuentes principales

Las fuentes con el mayor número de coincidencias dentro de la entrega. Las fuentes superpuestas no se mostrarán.

1	Internet	www.aida-itea.org	<1%
2	Trabajos entregados	George Mason University on 2025-03-05	<1%
3	Trabajos entregados	Escuela Politécnica Nacional on 2025-10-24	<1%
4	Publicación	UFUK KAMBER. "EFFECTS OF TRISODIUM PHOSPHATE ON POPULATIONS OF <i>SA...	<1%
5	Internet	bdigital.zamorano.edu	<1%
6	Internet	dspace.umh.es	<1%
7	Internet	rraae.cedia.edu.ec	<1%
8	Trabajos entregados	uncedu on 2025-05-14	<1%
9	Internet	dicames.online	<1%
10	Internet	es.scribd.com	<1%
11	Internet	fr.slideshare.net	<1%

Optimization of hydrocolloid concentration on the textural characteristics of a sausage analogue

Optimización de la concentración de hidrocoloides en las características texturales de un análogo de salchicha

Diego Alexander Suarez Ponce ¹, Ingrid Rosario Matos Huaman ², *Silvia Pilco Quesada

ABSTRACTO

El objetivo de este estudio fue optimizar la concentración de los hidrocoloides carragenina, goma konjac y goma guar en las características texturales de un análogo de salchicha, con el fin de mejorar su calidad estructural y sensorial. Se evaluaron diez tratamientos con diferentes combinaciones de los tres hidrocoloides en niveles de 0 a 2 %. Se analizaron la composición proximal, el pH, las propiedades mecánicas y la aceptación sensorial de los productos elaborados. Los resultados indicaron que la incorporación de hidrocoloides afectó significativamente ($p < 0.05$) las propiedades texturales de los análogos, observándose efectos lineales y cuadráticos en dureza, cohesividad, gomosidad, elasticidad y masticabilidad. Los tratamientos con proporciones balanceadas de los tres hidrocoloides, especialmente T8 y T9, presentaron los mejores valores de cohesividad, elasticidad y masticabilidad, junto con una mayor aceptabilidad sensorial. El análisis sensorial respaldó los hallazgos mecánicos, evidenciando que la sinergia entre los hidrocoloides optimizó la textura y mejoró la percepción del producto. En términos funcionales, la carragenina contribuyó a la firmeza y retención de humedad, la goma konjac a la cohesión y elasticidad, y la goma guar a la viscosidad y estabilidad del sistema. Se concluye que la formulación óptima, con una

¹ Bachiller en Ingeniería de Industrias Alimentarias. Universidad Peruana Unión - INDALI, Carretera Central Km 19.5 Ñaña, Chosica, Lima, Perú <diegosuarez@upeu.edu.pe>

² Bachiller en Ingeniería de Industrias Alimentarias. Universidad Peruana Unión - INDALI, Carretera Central Km 19.5 Ñaña, Chosica, Lima, Perú <ingridmatos@upeu.edu.pe>

³ Afiliación autor 3

*Profesor Titular. Universidad Peruana Unión – Sede Lima – Facultad de Ingeniería y Arquitectura – Departamento de Ingeniería de Industrias Alimentarias, Carretera Central Km 19.5 Ñaña, Chosica, Lima, Perú <silviapilco@upeu.edu.pe>

inclusión total cercana al 1.4–1.5 % de hidrocoloides combinados, permitió obtener un análogo de salchicha con textura y aceptación comparables a las de un producto convencional, evidenciando el potencial tecnológico de la interacción sinérgica de estos hidrocoloides en el desarrollo de análogos cárnicos de alta calidad.

Palabras clave: carragenina; konjac; goma guar; textura; análogos cárnicos; hidrocoloides.

RESUMEN

El objetivo de este estudio fue optimizar la concentración de los hidrocoloides carragenina, goma konjac y goma guar en las características texturales de un análogo de salchicha, con el fin de mejorar su calidad estructural y sensorial. Se evaluaron diez tratamientos con diferentes combinaciones de los tres hidrocoloides en niveles de 0 a 2 %. Se analizaron la composición proximal, el pH, las propiedades mecánicas y la aceptación sensorial de los productos elaborados. Los resultados indicaron que la incorporación de hidrocoloides afectó significativamente ($p < 0.05$) las propiedades texturales de los análogos, observándose efectos lineales y cuadráticos en dureza, cohesividad, gomosidad, elasticidad y masticabilidad. Los tratamientos con proporciones balanceadas de los tres hidrocoloides, especialmente T8 y T9, presentaron los mejores valores de cohesividad, elasticidad y masticabilidad, junto con una mayor aceptabilidad sensorial. El análisis sensorial respaldó los hallazgos mecánicos, evidenciando que la sinergia entre los hidrocoloides optimizó la textura y mejoró la percepción del producto. En términos funcionales, la carragenina contribuyó a la firmeza y retención de humedad, la goma konjac a la cohesión y elasticidad, y la goma guar a la viscosidad y estabilidad del sistema. Se concluye que la formulación óptima, con una inclusión total cercana al 1.4–1.5 % de hidrocoloides combinados, permitió obtener un análogo de salchicha con textura y aceptación comparables a las de un producto convencional, evidenciando el potencial tecnológico de la interacción sinérgica de estos hidrocoloides en el desarrollo de análogos cárnicos de alta calidad.

Palabras claves: carragenina; konjac; goma guar; textura; análogos cárnicos; hidrocoloides.

INTRODUCCIÓN

En los últimos años, diversos estudios han evidenciado problemas de salud asociados al consumo elevado de productos que contienen carne. Shi et al. (2023) Señalaron que un alto consumo de carnes rojas y procesadas (como salchichas, tocino o carne salada) se relaciona con un mayor riesgo de enfermedades cardiovasculares y diabetes tipo 2. Asimismo, Boada et al. (2016) reportan que dicho consumo incrementa los niveles detectables de policlorobifenilos similares a la dioxina, un grupo conocido de compuestos químicos con potencial efecto cancerígeno.

La industria alimentaria ha reaccionado ante los riesgos asociados al alto consumo de carnes rojas y procesadas desarrollando alternativas vegetales que imitan la carne en textura sabor y apariencia. Yu et al. (2023) describen como se utilizan proteínas de soya, guisantes y otras fuentes vegetales para formular productos análogos de carne, sin embargo, señala los retos a mejorar de como preservar los nutrientes y la aceptación del consumidor en textura sabor y apariencia.

La textura y el sabor constituyen atributos altamente valorados por los consumidores, sin embargo, estas propiedades pueden verse comprometidas cuando la carne se reemplaza parcial o totalmente por otros ingredientes. En este sentido, Majzoobi et al. (2017) demostraron que las salchichas sin carne elaboradas exclusivamente con proteína aislada de soja presentan una calidad inferior, caracterizada por una textura débil, baja capacidad de retención de agua y deficiente capacidad de corte.

El desarrollo de análogos de carne representa una de las áreas de investigación más dinámicas dentro de la ciencia y tecnología de los alimentos, impulsada por la creciente demanda de productos sostenibles, saludable y de origen vegetal que repliquen las propiedades sensoriales de los productos cárnicos convencionales. No obstante, la ausencia de proteínas y lípidos de origen animal

conlleva una disminución notable en la cohesión. Jugosidad y firmeza de estas formulaciones, afectando su aceptabilidad sensorial y tecnológica (Dekkers et al., 2018). En este contexto, el empleo de hidrocoloides se ha consolidado como una estrategia tecnológica eficaz para mejorar la textura, estabilidad y comportamiento funcional de las matrices vegetales en la elaboración de análogos tipo salchicha.

Los hidrocoloides son polisacáridos y proteínas con alta capacidad para interactuar con el agua y formar redes tridimensionales, lo que les permite actuar como agentes gelificantes, espesantes o estabilizantes (Damodaran et al., 2020). Entre los más utilizados destacan la κ -carragenina, goma konjac, goma guar, goma xantana y alginatos, debido a su capacidad para modificar la textura, retención de agua y estabilidad de emulsiones. Su funcionalidad depende de múltiples factores, entre ellos el tipo y concentración del hidrocoloide, el pH, la fuerza iónica y las interacciones con proteínas y lípidos (Ramos-Torres et al., 2021).

Majzoobi et al. (2017) demostraron que la adición de κ -carragenina, goma konjac y goma xantana mejora significativamente la capacidad de retención de agua, la firmeza y la cohesión en salchichas sin carne a base de proteína de soya, observando efectos óptimos alrededor del 0,6 % de hidrocoloide total. De manera similar, investigaciones recientes han mostrado que las mezclas de hidrocoloides pueden generar efectos sinérgicos en la estructura del gel, logrando texturas más cercanas a las de productos cárnicos tradicionales (Plant-Based Meat Alternatives, 2023). En particular, la combinación de carragenina con alginato o goma guar ha resultado eficaz para incrementar la dureza y elasticidad sin comprometer la jugosidad del producto (Ryu et al., 2022).

Por otro lado, se ha observado que la gelificación inducida por calcio o pH en sistemas con alginato y proteínas vegetales, como las de papa o arveja, puede generar redes más compactas y resistentes al calor, aunque concentraciones excesivas de hidrocoloides pueden producir texturas quebradizas o separaciones de fase (Li et al. 2024). Estos hallazgos evidencian la importancia de definir una

concentración óptima de hidrocoloides que maximice las propiedades texturales sin afectar negativamente las características sensoriales.

Pese a estos avances, todavía existen lagunas de conocimiento respecto a cómo las interacciones entre diferentes hidrocoloides y las proteínas vegetales influyen en la microestructura y textura final de los análogos de salchicha, especialmente en formulaciones adaptadas a condiciones tropicales o con ingredientes locales. En este sentido, el uso de diseños experimentales de mezclas constituye una herramienta eficaz para identificar combinaciones y concentraciones óptimas, permitiendo optimizar de manera simultánea variables tecnológicas y sensoriales.

El análisis de la literatura indica, por tanto, que, aunque los hidrocoloides son clave en la estructuración de productos análogos de carne, es necesario profundizar en su optimización cuantitativa, considerando las características texturales, la composición nutricional y la aceptabilidad sensorial como criterios determinantes de calidad (Bao et al., 2025).

En este contexto, el presente estudio tuvo como objetivo general optimizar la concentración de los hidrocoloides: carragenina, konjac y guar en las características texturales de un análogo de salchicha, con el fin de mejorar su calidad estructural y sensorial. Para alcanzar este propósito, se propuso elaborar el análogo de salchicha mediante un diseño de mezclas que permitiera determinar la combinación óptima de hidrocoloides.

Asimismo, se buscó evaluar las propiedades físico-químicas y la composición del producto, así como analizar las propiedades texturales derivadas de las diferentes formulaciones. Finalmente, se realizó una evaluación sensorial con consumidores para determinar el nivel de aceptación del producto desarrollado.

MATERIALES Y MÉTODOS

Las materias primas de origen vegetal y los hidrocoloides comerciales se adquirieron de proveedores certificados, garantizando su pureza alimentaria. Todos los reactivos utilizados fueron de grado analítico. La formulación base del producto se ajustó para mantener una composición nutricional comparable con la de una salchicha convencional, considerando la incorporación de proteínas vegetales, grasas de origen vegetal y condimentos estandarizados.

Diseño Experimental

La formulación se optimizó utilizando un diseño de mezclas centroide simplex con tres componentes diferentes x_1 = Hidrocoloide Konjac, x_2 = Hidrocoloide Carragenina k, x_3 = Hidrocoloide Guar, de esta forma se consideró un modelo cubico especial $Y = a_1x_1 + a_2x_2 + a_3x_3 + a_{12}x_1x_2 + a_{13}x_1x_3 + a_{23}x_2x_3 + a_{123}x_1x_2x_3$. Se obtuvieron 10 tratamientos ya que se consideró los puntos axiales, todas las formulaciones fueron elaboradas bajo condiciones de procesamiento controladas y uniformes, todos los insumos se mantuvieron constantes. Para determinar las diferencias significativas, se aplicó una prueba de tukey ($P < 0,05$) utilizando el software Minitab 17 Statistical.

Los tratamientos se detallan en la tabla 1.

Tabla 1

Tratamientos utilizados para la elaboración del análogo de salchicha

Tratamientos	Goma Konjac (g)	Goma Carragenina K (g)	Goma Guar (g)
T1	22.1	0	0
T2	0	22.1	0
T3	0	0	22.1
T4	11.05	11.05	0
T5	11.05	0	11.05
T6	0	11.05	11.05
T7	7.36	7.36	7.36
T8	14.74	3.69	3.69
T9	3.69	14.74	3.69
T10	3.69	3.69	14.74

Nota: Se consideró una interacción del 0% al 2% de los hidrocoloides G.Konjac + GCarragenina k + G. Guar = 1

Proceso para la elaboración del análogo de salchicha

El proceso de elaboración del análogo de salchicha se detalla en el diagrama de flujo correspondiente (**Figura 1**), donde se describen las etapas desde la recepción de los insumos hasta la refrigeración del producto final.

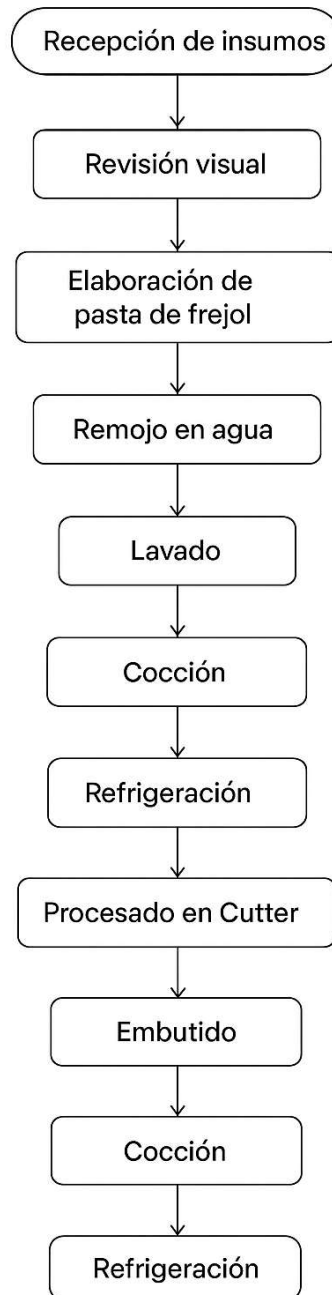


Figure 1 Diagrama de flujo del proceso de elaboración del análogo de salchicha a base de frejol rojo (Phaseolus vulgaris L.).

Se recepcionó los insumos y se revisaron visualmente con el fin de asegurar la calidad. Primero se elaboró pasta de frejol rojo (*Phaseolus vulgaris*), los granos se obtuvieron en el mercado local de Carapongo, Perú. Estos fueron remojados en agua proporción 2:1 a temperatura ambiente durante 12 horas. Posteriormente, se eliminó el agua y se realizó un lavado con el propósito de eliminar las impurezas. A continuación, se realizó una cocción a 95 °C por 25 min, empleando una proporción 3:1 (agua; grano), una vez finalizada la cocción se dejó reposar los granos a temperatura ambiente y posteriormente, se refrigeraron a 3 °C, por último, los frijoles cocidos y enfriados fueron procesados en un Cutter (Robot-Coupé Inc., modelo 20 V, MS, EE. UU.) durante 6 minutos a 325 rpm, obteniéndose una pasta homogénea.

Una vez obtenida la pasta base, los ingredientes fueron adicionados y homogenizados en tres etapas, empleando un cutter para asegurar una mezcla uniforme y una distribución homogénea de los componentes, con un tiempo de 30 segundos: pasta de frejol (191 g), agua helada (473 g), aceite de maíz (50.4 g), sal (16.1 g), fospol (10 g), Poliemul DMG (3 g), cebolla en polvo (9.6 g), ajo en polvo (6.4 g), pimienta negra en polvo (2 g), saborizante chorizo (3 g), orégano (2 g), color 4R (0.04 g).

En la segunda etapa se mezcló por 30 segundos: proteína aislada de soya (68 g), gluten de trigo (80g), fibra de trigo (26.2 g), hidrocoloides (22.1 g).

Para la tercera etapa se mezcló por 1 minuto el almidón de papa (30.2 g).

Se embutió cada tratamiento con una embutidora manual (Inc. Mod GR-CHV-7, Grondoy, EE. UU) en tripas de plástico artificial aprobadas de 15 mm de diámetro, se obtuvo 33 piezas de aproximadamente 30 gramos, luego se sometió a cocción a una temperatura de 95 °C por 40 minutos, una vez que se realizó el proceso térmico se retiró el agua y se dejó enfriar a temperatura ambiente para pasar a ser refrigeradas a 5 °C.

Análisis Proximal

La composición proximal se determinó de acuerdo a los métodos oficiales descritos por la Association of Official Analytical Chemists (AOAC), comprendiendo los siguientes análisis: humedad (AOAC 950.46), cenizas (AOAC 920.153), proteína (AOAC 981.10), fibra total (AOAC 985.29), lípidos (AOAC 981.12) y carbohidratos, se calculó por diferencia, restando los componentes analizados de 100.

Análisis Físico-Químico

Se determinó de acuerdo a los métodos oficiales descritos por la AOAC (2005), comprendiendo los siguientes análisis: pH (AOAC 970.21), acidez (AOAC 942.15).

Análisis del perfil de textura (TPA)

El perfil de textura se determinó según la metodología propuesta por (Carhuancho et al., 2024; Hong et al., 2022), con algunas modificaciones. Las muestras se acondicionaron a temperatura ambiente y se cortaron con un espesor de 10 mm. Se usó el texturómetro Agrost® Belle2, versión 2024 (French Limites Company, Francia). La prueba de TPA se realizó mediante una prueba de doble compresión con una sonda cilíndrica (de 1 pulgada de diámetro) con celda de carga de 5 kg, a una tasa de compresión de deformación del 50 % de la altura original de la muestra, con una fuerza de activación de 20 g y una velocidad de 1,0 mm/s. Los atributos texturales registrados fueron la dureza, resiliencia, adhesividad, cohesividad, gomosidad, elasticidad y masticabilidad.

Determinación del color

El color superficial de las muestras se determinó mediante un colorímetro WF32-8 (PCE Instruments, XXM20, Japón), calibrado con una placa blanca patrón antes de cada serie de mediciones. Las determinaciones se realizaron utilizando el sistema de coordenadas CIE Lab, donde L representa la luminosidad, a la escala rojo-verde y b la escala amarillo-azul. Los resultados se expresaron como valores promedio de tres mediciones en diferentes puntos de la muestra.

Análisis Sensorial

La evaluación sensorial se realizó utilizando una prueba afectiva con 100 panelistas no entrenados, seleccionados de manera aleatoria entre consumidores habituales del producto. Las muestras de análogo de salchicha fueron codificadas con números aleatorios de tres dígitos y presentadas en orden aleatorio para evitar sesgos.

Los participantes evaluaron las características sensoriales de las muestras —color, olor, sabor, textura y aceptación general— empleando una escala hedónica de 9 puntos, donde 1 = “me disgusta extremadamente” y 9 = “me gusta extremadamente”, según la metodología establecida por Stone y Sidel (2004).

Los resultados se expresaron como la media $\pm$ desviación estándar de las puntuaciones otorgadas por los panelistas. Los datos se analizaron mediante ANOVA y comparación de medias ($p < 0.05$) para determinar diferencias significativas entre las formulaciones.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados del análisis proximal y pH de los análogos de salchicha se presentan en la Tabla 2. Se observaron diferencias significativas ($P < 0.05$) en la composición química entre las formulaciones, atribuibles principalmente a la variación en el tipo y concentración de hidrocoloides empleados.

Tabla 2

Composición químico proximal (% b.s.) y pH de análogos de salchicha.

TRATAMIENTO	HUMEDAD (%)	CENIZA (%)	GRASA (%)	PROTEÍNA (%)	FIBRA CRUDA (%)	CARBOHIDRATO (%)	pH
T1	63.94 $\pm$ 0.82 ^c	2.71 $\pm$ 0.18 ^a	5.49 $\pm$ 0.41 ^a	14.60 $\pm$ 0.25 ^a	10.89 $\pm$ 0.04 ^{ab}	13.26 $\pm$ 0.76 ^a	6.67 $\pm$ 0.01 ^a
T2	65.01 $\pm$ 0.61 ^{de}	2.41 $\pm$ 0.09 ^{ab}	5.26 $\pm$ 0.23 ^a	14.19 $\pm$ 0.24 ^a	10.93 $\pm$ 0.02 ^a	13.12 $\pm$ 0.70 ^{ab}	6.67 $\pm$ 0.02 ^a
T3	67.85 $\pm$ 0.72 ^c	2.62 $\pm$ 0.19 ^a	5.52 $\pm$ 0.29 ^a	14.08 $\pm$ 0.81 ^a	10.95 $\pm$ 0.09 ^a	9.93 $\pm$ 1.70 ^{cd}	6.68 $\pm$ 0.01 ^a
T4	66.06 $\pm$ 0.68 ^{cde}	2.68 $\pm$ 0.07 ^a	5.34 $\pm$ 0.47 ^a	14.23 $\pm$ 0.51 ^a	10.29 $\pm$ 0.14 ^{ab}	11.69 $\pm$ 1.16 ^{abc}	6.66 $\pm$ 0.02 ^a
T5	72.75 $\pm$ 0.74 ^a	2.73 $\pm$ 0.12 ^a	5.95 $\pm$ 0.35 ^a	14.83 $\pm$ 0.17 ^a	10.25 $\pm$ 0.07 ^{ab}	3.74 $\pm$ 0.95 ^c	6.66 $\pm$ 0.06 ^a
T6	70.45 $\pm$ 1.09 ^b	2.08 $\pm$ 0.14 ^b	5.89 $\pm$ 0.09 ^a	14.43 $\pm$ 0.41 ^a	10.73 $\pm$ 0.44 ^{ab}	7.15 $\pm$ 0.87 ^d	6.67 $\pm$ 0.00 ^a
T7	67.08 $\pm$ 1.08 ^{cd}	2.50 $\pm$ 0.20 ^{ab}	5.12 $\pm$ 0.57 ^a	14.49 $\pm$ 0.43 ^a	10.24 $\pm$ 0.16 ^{ab}	10.81 $\pm$ 1.98 ^{abc}	6.67 $\pm$ 0.01 ^a
T8	66.62 $\pm$ 0.43 ^{cd}	2.35 $\pm$ 0.09 ^{ab}	5.10 $\pm$ 0.67 ^a	14.17 $\pm$ 0.37 ^a	10.65 $\pm$ 0.52 ^{ab}	11.76 $\pm$ 0.37 ^{abc}	6.66 $\pm$ 0.04 ^a
T9	64.82 $\pm$ 0.55 ^{de}	2.48 $\pm$ 0.24 ^{ab}	5.54 $\pm$ 0.13 ^a	14.62 $\pm$ 0.29 ^a	10.23 $\pm$ 0.08 ^{ab}	12.54 $\pm$ 0.25 ^{abc}	6.66 $\pm$ 0.01 ^a
T10	68.08 $\pm$ 0.82 ^c	2.47 $\pm$ 0.08 ^{ab}	5.34 $\pm$ 0.47 ^a	14.08 $\pm$ 0.99 ^a	10.18 $\pm$ 0.30 ^b	10.03 $\pm$ 0.87 ^{bcd}	6.67 $\pm$ 0.02 ^a

Nota: Superíndices con letras distintas indican diferencias significativas

El contenido de humedad presentó un rango de variación entre 63.94 $\pm$ 0.82 % (T1) y 72.75 $\pm$ 0.74 % (T5), evidenciándose que las formulaciones con mayor proporción de hidrocoloides mostraron una mayor capacidad de retención de agua. Este comportamiento puede atribuirse a las propiedades hidrofílicas y formadoras de gel de los hidrocoloides, que favorecen la inmovilización del agua en

la matriz del producto. Resultados similares fueron reportados por Fang et al. (2021), quienes indicaron que la adición de hidrocoloides contribuye al incremento de la jugosidad y a la mejora de la estabilidad estructural en productos cárnicos y sus análogos.

Los valores de contenido de cenizas oscilaron entre 2.35 ± 0.09 % y 2.78 ± 0.12 %, reflejando diferencias atribuibles a la composición mineral de los ingredientes empleados, principalmente las proteínas vegetales y las sales funcionales. Valores similares fueron reportados por Pietrasik et al. (2020) en análogos cárnicos elaborados a base de legumbres.

En cuanto a la grasa, los valores fluctuaron de 5.10 ± 0.67 % a 5.62 ± 0.23 %, sin diferencias marcadas entre tratamientos. Esta variación ocasionada por los hidrocoloides no afectó significativamente el contenido lipídico, manteniendo un perfil bajo en comparación con salchichas convencionales, lo que contribuye a un producto más saludable.

El contenido proteico presentó valores entre 14.08 ± 0.99 % y 14.93 ± 0.24 %. Estos resultados son similares a los reportados para análogos cárnicos vegetales elaborados con aislados de arveja o soya (14–16 %) (Pietrasik et al., 2020), y ligeramente inferiores a los de salchichas cárnicas tradicionales, que suelen alcanzar 16–18 % (Serdaroğlu et al., 2022). Esta diferencia puede deberse a la menor densidad proteica y diferente perfil de aminoácidos de las proteínas vegetales. No obstante, el contenido obtenido es adecuado para ser considerado un producto fuente de proteínas, conforme a las recomendaciones de la FAO (2021).

Respecto al contenido de fibra cruda mostró valores entre 10.18 ± 0.30 % y 10.99 ± 0.24 %, reflejando un aporte significativo en comparación con las salchichas cárnicas, donde la fibra es prácticamente inexistente (<1 %) (Choi et al., 2020). Este incremento se relaciona con la incorporación de ingredientes vegetales ricos en polisacáridos estructurales, que además de mejorar el perfil nutricional, favorecen la retención de agua y la textura del producto (Bourne, 2002).

el contenido de carbohidratos varió entre 9.93 ± 1.70 % (T3) y 13.26 ± 0.76 % (T1). Los tratamientos con menor contenido proteico y graso presentaron un incremento proporcional de carbohidratos, derivado del balance composicional. Estos valores son superiores a los registrados en productos cárnicos (2–5 %), donde los carbohidratos provienen principalmente de almidones o azúcares añadidos (Domínguez et al., 2021). En este caso, la mayor proporción de carbohidratos se asocia al uso de matrices vegetales y gomas con función estructurante.

Por último, el pH de los análogos de salchicha presentó valores entre 6.64 ± 0.02 y 6.67 ± 0.02 , sin diferencias significativas entre tratamientos. Estos valores se encuentran dentro del rango óptimo reportado para productos emulsionados tipo salchicha (6.2–6.8), considerado ideal para mantener la estabilidad de la emulsión, la capacidad de retención de agua y una textura adecuada. Resultados similares fueron descritos por Choi et al. (2020), Pietrasik et al. (2020) y Domínguez et al. (2021), quienes destacaron que valores de pH cercanos a la neutralidad favorecen la funcionalidad proteica y la calidad tecnológica de productos cárnicos y sus análogos.

Los resultados de perfil de textura (TPA) de los análogos de salchicha se presentan en la tabla 3. Se observaron diferencias significativas ($P < 0,05$) entre los tratamientos en la mayoría de los parámetros analizados, evidenciando que la combinación e interacción de los hidrocoloides goma konjac, carragenina k y guar modificó considerablemente las propiedades mecánicas y viscoelásticas del producto.

1

Tabla 3

Propiedades mecánicas de análogos de salchichas con distintas proporciones de hidrocoloides.

MUESTRAS	DUREZA	RESILIENCIA	ADHESIVIDAD	COHESIVIDAD	GOMOSIDAD	ELASTICIDAD	MASTICABILIDAD
Control	1878.67 ± 111.86 ^{bed}	28.97 ± 8.84 ^a	12.67 ± 4.62 ^c	31.10 ± 4.59 ^a	581.00 ± 50.27 ^b	65.77 ± 4.24 ^a	381.00 ± 18.08 ^b
T1	1536.67 ± 199.83 ^{cde}	3.83 ± 0.23 ^b	162.33 ± 34.53 ^a	17.10 ± 4.30 ^b	258.33 ± 46.58 ^{cd}	31.30 ± 5.82 ^{cde}	82.00 ± 26.21 ^{cd}
T2	2803.33 ± 240.77 ^a	8.10 ± 1.11 ^b	17.00 ± 7.55 ^c	36.60 ± 2.49 ^a	1024.00 ± 69.54 ^a	55.77 ± 2.50 ^b	571.67 ± 58.69 ^a
T3	701.67 ± 79.50 ^f	3.03 ± 0.87 ^b	134.33 ± 80.58 ^{ab}	8.03 ± 1.33 ^c	56.00 ± 5.57 ^f	15.13 ± 0.51 ^f	8.33 ± 1.53 ^d
T4	1920.67 ± 151.05 ^{bc}	6.77 ± 0.70 ^b	53.33 ± 33.08 ^{bc}	33.60 ± 2.26 ^a	642.67 ± 30.73 ^b	54.47 ± 0.96 ^b	350.33 ± 21.20 ^b
T5	834.67 ± 132.97 ^f	3.17 ± 0.50 ^b	96.00 ± 9.64 ^{abc}	15.67 ± 0.55 ^{bc}	131.00 ± 26.00 ^{ef}	25.60 ± 1.97 ^c	33.67 ± 9.07 ^{cd}
T6	1379.33 ± 116.80 ^{de}	3.40 ± 0.53 ^b	48.67 ± 9.02 ^{bc}	14.43 ± 3.08 ^{bc}	196.67 ± 24.79 ^{cde}	29.03 ± 1.89 ^{de}	57.33 ± 11.02 ^{cd}
T7	1584.00 ± 208.51 ^{cde}	3.47 ± 0.47 ^b	43.00 ± 8.89 ^c	16.3 ± 4.29 ^{bc}	252.33 ± 31.56 ^{cde}	38.47 ± 4.10 ^c	97.67 ± 22.14 ^c
T8	1646.00 ± 223.14 ^{cde}	3.00 ± 2.25 ^b	26.67 ± 11.72 ^c	16.93 ± 2.06 ^{bc}	276.67 ± 30.01 ^c	37.17 ± 1.66 ^{cd}	103.00 ± 15.72 ^c
T9	2240.67 ± 75.80 ^b	5.93 ± 0.55 ^b	57.00 ± 14.93 ^{bc}	29.33 ± 3.06 ^a	656.33 ± 49.08 ^b	54.13 ± 2.37 ^b	355.67 ± 34.08 ^b
T10	1202.00 ± 287.79 ^{ef}	4.00 ± 1.31 ^b	35.00 ± 6.56 ^c	11.87 ± 2.76 ^{bc}	145.67 ± 60.35 ^{def}	28.10 ± 4.59 ^{de}	43.00 ± 24.76 ^{cd}

Superíndices con letras distintas muestran diferencias significativas

Se observó que la dureza presentó diferencias significativas ($p < 0.05$) entre tratamientos, variando de 701.67 g (T3) a 2803.83 g (T2). El tratamiento T2, que contenía 2% de carragenina, registró el valor más alto, indicando una estructura más firme y compacta. Este efecto se asocia con la capacidad de la carragenina para formar geles fuertes mediante la interacción con proteínas y sales, generando una red tridimensional estable (Serdaroğlu et al., 2018; Domínguez et al., 2021). En contraste, el tratamiento con goma guar (T3) mostró menor dureza, atribuida a la naturaleza viscosa y poco estructurante de esta goma (Pérez-Cacho et al., 2022).

La cohesividad mostró un rango de 11.87 a 36.60, observándose una tendencia decreciente en las formulaciones con mayor proporción de goma guar. Este comportamiento sugiere que dicha goma reduce la capacidad de las matrices para mantener su estructura tras la deformación, lo cual coincide con los hallazgos de Barbut (2019) en emulsiones cárnicas con sustitución de grasa por hidrocoloides. Por otro lado, los tratamientos T2 y T4 (konjac-carragenina) evidenciaron mayor cohesividad, destacando el efecto sinérgico entre ambos hidrocoloides para mantener la integridad del gel, efecto reportado también en productos cárnicos análogos por Toldrá et al. (2021).

La gomosidad y masticabilidad siguieron una tendencia similar a la dureza, alcanzando valores máximos en T2 (1024.00 g y 571.87, respectivamente), lo que sugiere una mayor resistencia al corte y una textura más compacta. Este comportamiento es deseable en análogos de salchicha, ya que contribuye a una sensación de mordida más cercana a la de productos cárnicos tradicionales (López-López et al., 2014). En cambio, los tratamientos con mayor proporción de goma guar (T3 y T10) presentaron menor masticabilidad, evidenciando una textura más blanda y menos cohesiva.

La resiliencia varió entre 3.10 y 8.10, siendo el control el que presentó la mayor capacidad de recuperación elástica. Los tratamientos con hidrocoloides tendieron a mostrar menor resiliencia, posiblemente por la sustitución parcial de proteínas cárnicas por polisacáridos, lo que reduce la elasticidad de la matriz (Choe et al., 2013). De manera similar, la elasticidad disminuyó significativamente en las formulaciones con mayor contenido de goma guar, debido a su limitada capacidad para formar redes elásticas. Sin embargo, las combinaciones intermedias de konjac y carragenina (T4 y T9) mantuvieron valores de elasticidad comparables al control, sugiriendo que una interacción equilibrada de ambos hidrocoloides puede reproducir la textura típica de una salchicha convencional.

En conjunto, los resultados demuestran que la incorporación combinada de goma konjac y carragenina mejora las propiedades texturales de los análogos de salchicha, mientras que la adición excesiva de goma guar tiende a suavizar la estructura. Estos hallazgos coinciden con lo reportado en productos cárnicos reformulados, donde el uso sinérgico de hidrocoloides permite obtener una textura firme, cohesiva y elástica, similar a la de embutidos tradicionales (Domínguez et al., 2021; Toldrá et al., 2021).

Tabla 4

Parámetros estadísticos de los modelos de regresión para las propiedades texturales de los tratamientos con mezclas de hidrocoloides.

Propiedad	Modelo global (P)	Efecto lineal	Efecto cuadrático	Efecto cúbico	R ²	R ² (adj)
Dureza	0.006	0.002	0.002	0.066	0.98	0.96
Adhesividad	0.363	0.039	0.239	0.666	0.76	0.30
Cohesividad	0.013	0.006	0.079	0.202	0.97	0.93
Gomosidad	0.005	0.002	0.012	0.999	0.98	0.96
Elasticidad	0.013	0.007	0.020	0.527	0.97	0.93
Masticabilidad	0.006	0.003	0.009	0.910	0.98	0.95
Resiliencia	0.097	0.047	0.504	0.593	0.91	0.74

Los valores de **R²** superiores a 0.95 en dureza, gomosidad, elasticidad y masticabilidad evidencian una alta capacidad explicativa de los factores estudiados. En estos casos, los efectos lineales y cuadráticos resultaron estadísticamente significativos ($p < 0.05$), indicando una influencia combinada de las concentraciones de hidrocoloides sobre la respuesta mecánica del sistema. En contraste, las propiedades de adhesividad y resiliencia presentaron valores de **R²** ajustado menores (0.30 y 0.74, respectivamente), lo que refleja una mayor variabilidad no explicada por el modelo. Estos resultados sugieren que las propiedades asociadas con la estructura interna del gel, como la dureza y la gomosidad, responden de manera más predecible a las interacciones entre los hidrocoloides, mientras que las propiedades relacionadas con la recuperación elástica o adhesiva podrían depender de factores adicionales no considerados en el modelo.

Las superficies de respuesta obtenidas (Figura 2) muestran una clara influencia de las proporciones de konjac, carragenina y goma guar sobre las propiedades texturales del sistema.

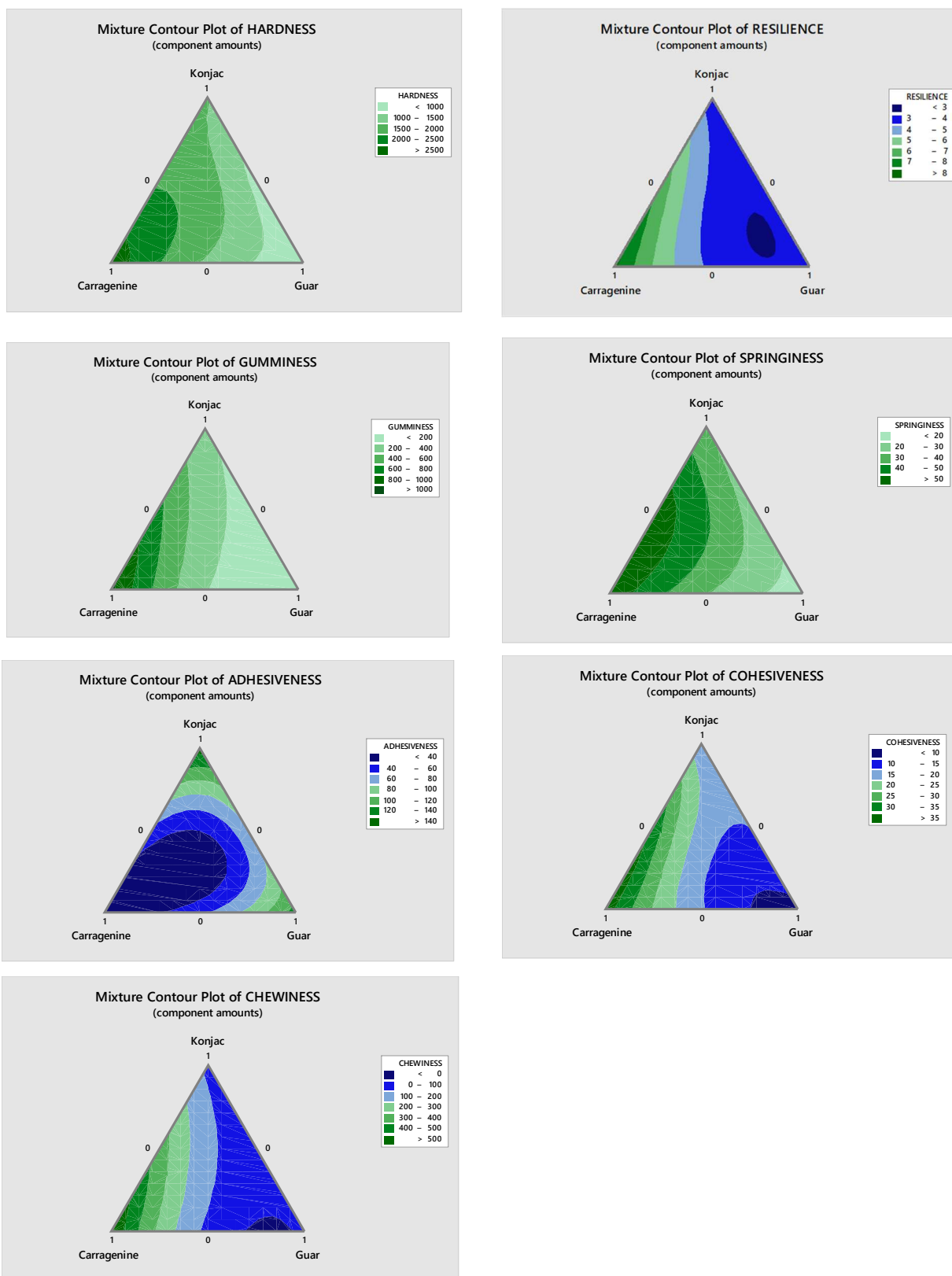


Figura 2 Superficies de Respuesta

Se observó que los atributos texturales: dureza, gomosidad y masticabilidad alcanzaron con combinaciones equilibradas de los tres hidrocoloides, mientras que la elasticidad y cohesividad aumentaron principalmente con mayores proporciones de carragenina. En contraste, la adhesividad y resiliencia presentaron variaciones menos definidas, lo que concuerda con los menores valores de R^2 ajustado reportados. Estos resultados sugieren una marcada sinergia entre los hidrocoloides, especialmente entre konjac y carragenina, en la formación de una red estructural más firme y estable, consistente con lo reportado por otros autores en sistemas gelificados mixtos (Cofrades et al., 2017; Yang et al., 2021).

Los parámetros de color (Tabla 4) evidenciaron que las distintas combinaciones de gomas Konjac, Carragenina k y Guar (Tabla 1) influyeron significativamente ($p < 0.05$) en la apariencia de los análogos de salchicha. El parámetro L^* mostró valores entre 35.23 y 39.71, siendo el tratamiento T4 (Konjac + Carragenina) el más luminoso, lo que podría asociarse con una mayor retención de agua y una estructura más homogénea del gel.

Tabla 5

Parámetros de color en análogos de salchicha

TRATAMIENTO	SECTOR L^*	SECTOR A^*	SECTOR B^*
T1	35.23 ± 0.80^b	19.86 ± 1.66^a	20.13 ± 1.13^a
T2	38.10 ± 1.46^{ab}	15.14 ± 2.51^b	15.16 ± 2.37^b
T3	37.82 ± 1.26^{ab}	15.38 ± 1.24^b	12.79 ± 1.16^b
T4	39.71 ± 1.44^a	18.15 ± 1.27^{ab}	15.63 ± 1.15^b
T5	38.14 ± 1.50^{ab}	17.54 ± 0.68^{ab}	15.00 ± 1.05^b
T6	37.20 ± 0.71^{ab}	17.65 ± 0.72^{ab}	15.95 ± 0.51^b
T7	36.10 ± 1.49^{ab}	17.28 ± 0.70^{ab}	14.09 ± 0.70^b
T8	36.89 ± 1.39^{ab}	17.71 ± 0.99^{ab}	14.99 ± 0.56^b
T9	35.35 ± 0.96^b	17.09 ± 1.48^{ab}	13.72 ± 1.34^b
T10	37.55 ± 1.59^a	15.63 ± 1.20^b	12.89 ± 1.65^b

Superíndices con letras distintas indican diferencias significativas.

El parámetro a^* , relacionado con la tonalidad roja, fue mayor en el tratamiento T1 (100 % Konjac), indicando una coloración más intensa. Esto puede deberse a la transparencia del gel formado por el Konjac, que favorece la percepción del color. En cambio, los tratamientos con Carragenina o Guar tendieron a disminuir este valor, posiblemente por una menor transmisión de la luz a través de la matriz.

En cuanto al parámetro b^* , los valores más altos también se presentaron en T1, mientras que los más bajos correspondieron a los tratamientos con combinaciones equilibradas de las tres gomas (T9 y T10), lo que sugiere una reducción del tono amarillento y una apariencia más opaca.

En conjunto, la combinación Konjac–Carragenina (T4) favoreció una coloración más clara y uniforme, mientras que el uso exclusivo de Konjac (T1) intensificó los tonos rojizos y amarillos. Estos resultados coinciden con estudios previos que destacan el papel de los hidrocoloides en la modificación del color de análogos cárnicos (Choe et al., 2013; Bakhsh et al., 2021).

La evaluación sensorial de los análogos de salchicha elaborados con distintas combinaciones de konjac, carragenina y goma guar mostró variaciones significativas en algunos atributos evaluados (Tabla 5). En los parámetros de color y olor, no se observaron diferencias significativas ($p > 0.05$) entre tratamientos, lo que sugiere que la incorporación de hidrocoloides no modificó perceptiblemente la apariencia ni el perfil aromático del producto. Sin embargo, el atributo sabor presentó diferencias significativas ($p < 0.05$), con los tratamientos T5 (6.02 ± 2.06) y T10 (6.21 ± 2.00) alcanzando las puntuaciones más altas, mientras que T1 (5.11 ± 2.01) registró la más baja.

Tabla 6

Atributos Sensoriales en Análogos de Salchicha

MUESTRAS	COLOR	OLOR	SABOR
T1	5.25 ± 1.99^a	6.19 ± 1.75^a	5.11 ± 2.01^{bc}
T2	5.91 ± 1.92^a	5.86 ± 1.97^a	5.68 ± 1.81^{abc}
T3	5.62 ± 1.94^a	5.72 ± 1.87^a	5.02 ± 2.05^c
T4	5.92 ± 1.90^a	6.05 ± 1.78^a	5.95 ± 1.83^{ab}
T5	5.76 ± 2.14^a	5.82 ± 2.00^a	6.02 ± 2.06^a
T6	5.23 ± 2.26^a	5.94 ± 2.03^a	5.82 ± 2.11^{abc}
T7	5.69 ± 2.03^a	5.98 ± 1.90^a	6.13 ± 1.98^a
T8	5.85 ± 1.92^a	6.11 ± 1.78^a	6.26 ± 1.69^a
T9	5.78 ± 2.13^a	5.87 ± 2.13^a	6.22 ± 1.85^a
T10	5.87 ± 2.07^a	6.30 ± 1.85^a	6.21 ± 2.00^a

Superíndices con letras distintas indican diferencias significativas.

Los gráficos de intervalo correspondientes a los atributos de textura (figura 1) y aceptabilidad general (Figura 2) evidenciaron una tendencia ascendente conforme aumentó la complejidad de la mezcla hidrocoloide. Las muestras que incluyeron los tres agentes (T7–T10) mostraron valores promedio más altos de textura (> 5.5) y aceptabilidad (> 6.0), con intervalos de confianza más estrechos, lo que sugiere una respuesta sensorial más homogénea. Este comportamiento indica que la interacción sinérgica entre los hidrocoloides mejoró las propiedades organolépticas del producto.

Figura 3
Efectos de los hidrocoloides en la textura

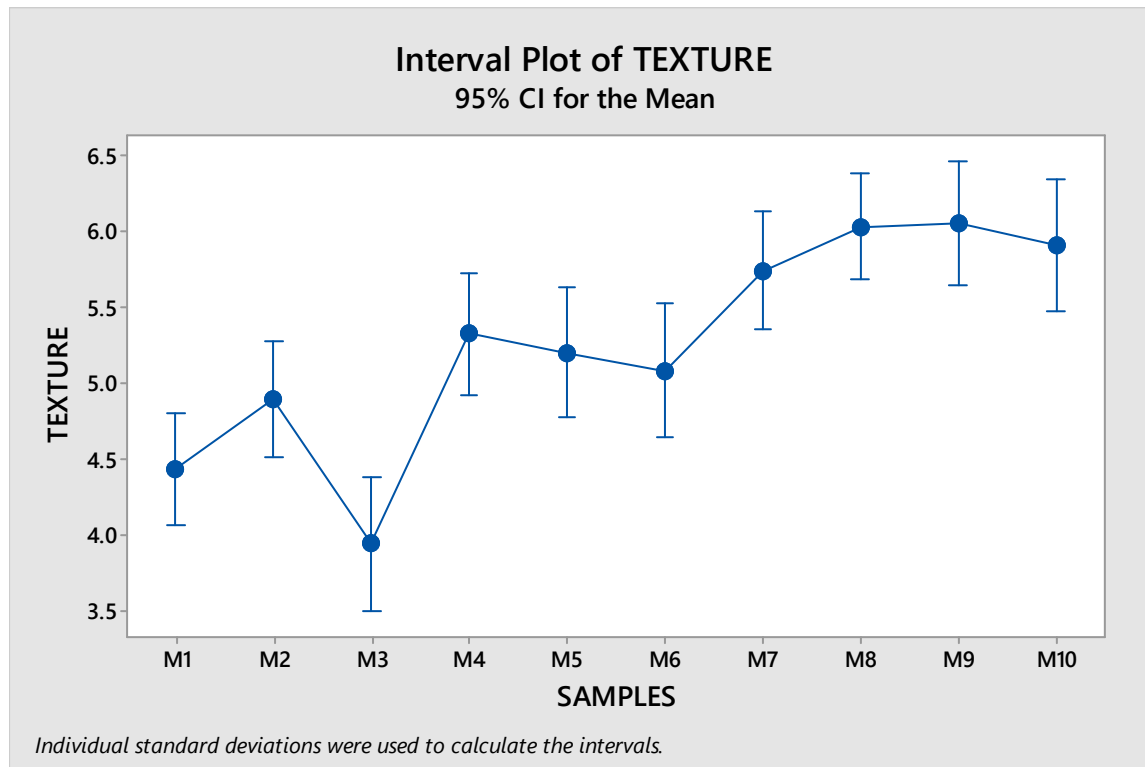
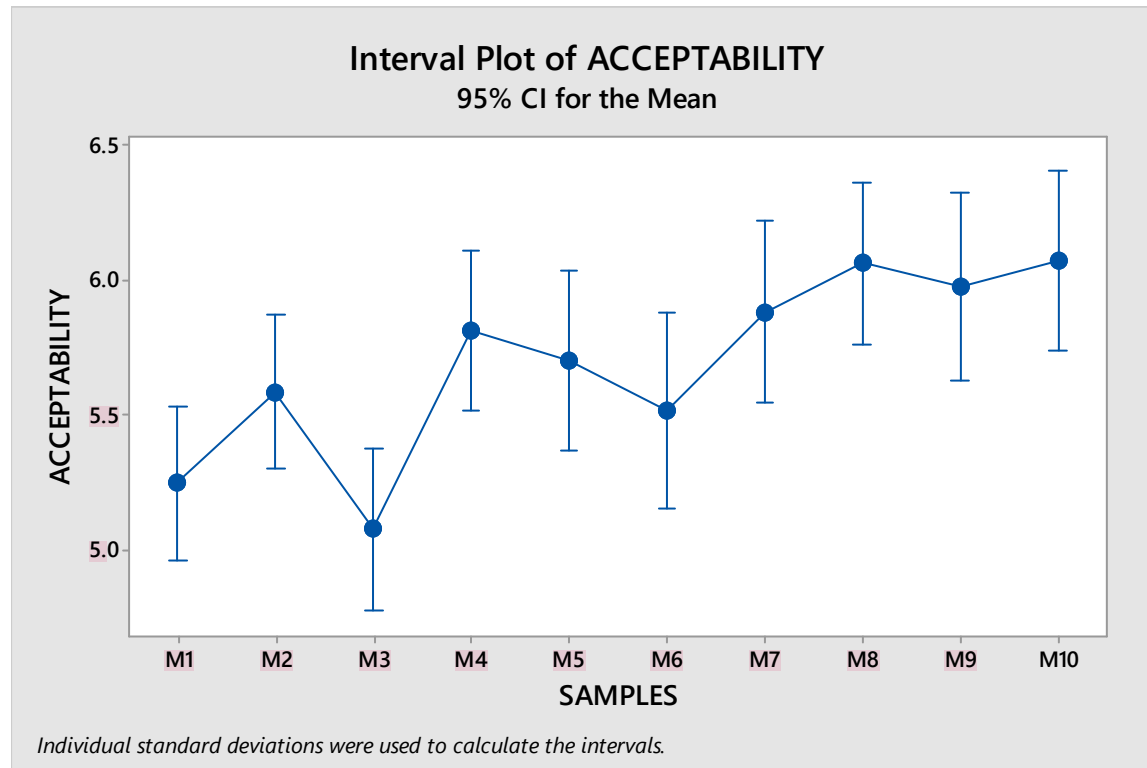


Figure 4

Aceptabilidad sensorial de los análogos de salchicha



El konjac (glucomanano) contribuye a la formación de una matriz viscoelástica con alta capacidad de retención de agua, mientras que la carragenina (κ -carragenina) actúa como agente gelificante al formar hélices dobles que interactúan con proteínas y cationes, fortaleciendo la red estructural del producto. Por su parte, la goma guar aporta viscosidad y estabilidad a la fase continua, favoreciendo la distribución homogénea del agua y grasa. Cuando se combinan, estos polisacáridos generan una red tridimensional más densa y cohesiva, responsable de la mayor firmeza, elasticidad y jugosidad percibida en las muestras (Wu et al., 2022; Sato et al., 2020).

Diversos autores han documentado esta sinergia funcional entre los hidrocoloides. Sato et al. (2020) demostraron que una proporción κ -carragenina:konjac cercana a 7:3 produce una red de gel más compacta y con mayor dureza y elasticidad, atribuida a interacciones moleculares cooperativas entre las hélices de carragenina y las cadenas de glucomanano. De manera similar, Tunieva et al.

(2021) reportaron que la incorporación progresiva de konjac en sistemas con carragenina incrementa la firmeza y elasticidad del gel hasta alcanzar un punto óptimo de sinergia. Asimismo, Wu et al. (2022) observaron que la adición de goma guar en mezclas con carragenina mejora la viscosidad, la cohesión del gel y la retención de agua, propiedades asociadas con una mayor percepción sensorial de jugosidad y textura uniforme (Zhu et al., 2022).

Por lo tanto, el aumento en las puntuaciones de textura y aceptabilidad global observadas en los tratamientos ternarios puede atribuirse a la formación de una red hidrocoloide más estable y elástica, resultado de las interacciones moleculares entre los tres polisacáridos. Este comportamiento coincide con lo reportado en estudios previos sobre matrices cárnicas y análogos vegetales, donde la combinación adecuada de hidrocoloides optimiza la textura, la estabilidad y la aceptación del producto (Wu et al., 2022; Sato et al., 2020; Tunieva et al., 2021).

CONCLUSIÓN

La adición combinada de carragenina, goma konjac y goma guar influyó significativamente en las propiedades texturales del análogo de salchicha, según el análisis de varianza ($p < 0.05$). Los efectos lineales y cuadráticos observados en dureza, cohesividad, gomosidad, elasticidad y masticabilidad indican que el comportamiento textural del producto depende directamente de la concentración de los hidrocoloides y de su interacción sinérgica. Los tratamientos con proporciones balanceadas de los tres hidrocoloides, particularmente aquellos con niveles intermedios de inclusión (T8 y T9), mostraron las mejores características texturales, destacándose por una mayor cohesividad, elasticidad y masticabilidad, además de una superior aceptación sensorial. El análisis sensorial respalda estos hallazgos mecánicos, reflejando una mayor aceptabilidad de las muestras cuya textura fue optimizada mediante la sinergia de los hidrocoloides.

Desde el punto de vista funcional, la carragenina contribuyó a la firmeza y retención de humedad, la goma konjac favoreció la cohesión y elasticidad de la matriz, mientras que la goma guar actuó como agente de viscosidad, optimizando la integración de la fase proteica y acuosa. La combinación de estos hidrocoloides permitió obtener una textura homogénea y estable, comparable a la de una salchicha convencional.

En conjunto, los resultados confirman que la optimización de la concentración de hidrocoloides constituye una estrategia tecnológica eficaz para mejorar la calidad estructural y sensorial de análogos cárnicos. La formulación óptima identificada, con una inclusión total cercana al 1,4–1,5 % de hidrocoloides, demuestra que el uso sinérgico de carragenina, konjac y guar permite desarrollar productos con propiedades texturales adecuadas y un alto potencial de aceptación en el mercado de alimentos alternativos.

Se recomienda profundizar en estudios de estabilidad durante el almacenamiento, análisis de microestructura y pruebas de reformulación con diferentes matrices proteicas, con el fin de fortalecer la aplicabilidad industrial de la combinación de carragenina, konjac y guar en el diseño de alimentos funcionales y sostenibles.

EXPRESIONES DE GRATITUD

CONFLICTO DE INTERESES

REFERENCIAS

- Bakhsh, A., Lee, S. J., & Lee, E. Y. (2021). Quality characteristics and textural properties of plant-based meat analogs: Effect of protein source and formulation. *Food Science and Biotechnology*, 30(4), 1087–1096. <https://doi.org/10.1007/s10068-021-00909-8>
- Barbut, S. (2019). *The science of poultry and meat processing*. University of Guelph.
- Bao, H., Wang, Y., Huang, Y., Zhang, Y., & Dai, H. (2025). The beneficial role of polysaccharide hydrocolloids in meat products: A review. *Gels*, 11(1), 55. <https://doi.org/10.3390/gels11010055>
- Boada, L. D., Henríquez-Hernández, L. A., & Luzardo, O. P. (2016). The impact of red and processed meat consumption on cancer and other health outcomes: Epidemiological evidences. *Food and Chemical Toxicology*, 92, 236–244. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2016.04.008>
- Bourne, M. C. (2002). *Food texture and viscosity: Concept and measurement* (2nd ed.). Academic Press.
- Carhuancha-Colca, KP, Silva-Paz, RJ, Elías-Peñañiel, C., Salvá-Ruiz, BK, & Encina-Zelada, CR (2024). Comparación de salchichas vegetarianas: composición proximal, textura instrumental, método sensorial descriptivo rápido y agrado general del consumidor. *Alimentos*, 13 (11), 1733. <https://doi.org/10.3390/foods13111733>
- Choe, J., Lee, J., Jo, K., Jo, C., Song, M., & Jung, S. (2013). Application of functional ingredients in meat analogues. *Food Science and Biotechnology*, 22(5), 1307–1315. <https://doi.org/10.1007/s10068-013-0173-6>
- Choi, Y. S., Kim, H. W., & Kim, C. J. (2020). Effect of dietary fiber addition on quality characteristics of reduced-fat meat products. *Meat Science*, 169, 108223. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2020.108223>
- Cofrades, S., Benedí, J., García-Esteban, M., Sánchez-Muniz, F. J., & Jiménez-Colmenero, F. (2017). Role of hydrocolloids in meat emulsions: Technological and health aspects. *Food Hydrocolloids*, 68, 132–143. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2016.08.008>
- Damodaran, S., Parkin, K. L., & Fennema, O. R. (2020). *Fennema's Food Chemistry* (5th ed.). CRC Press.
- Dekkers, B. L., Boom, R. M., & van der Goot, A. J. (2018). Structuring processes for meat analogues. *Trends in Food Science & Technology*, 81, 25–36. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2018.08.014>

- Domínguez, R., Pateiro, M., & Lorenzo, J. M. (2021). Reformulation of meat products: Strategies and outcomes on nutritional and technological quality. *Foods*, 10(8), 1829. <https://doi.org/10.3390/foods10081829>
- Fang, Z., Lin, P., Ha, M., Warner, R. D., & Rosengarten, G. (2021). The mechanisms of hydrocolloids improving texture in meat analogues. *Food Hydrocolloids*, 112, 106318. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2020.106318>
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). (2021). Food-based dietary guidelines: Protein sources and recommendations. FAO. <https://www.fao.org/nutrition/education/food-dietary-guidelines>
- Hong, S., Shen, Y. y Li, Y. (2022). Propiedades fisicoquímicas y funcionales de proteínas vegetales texturizadas y texturas de hamburguesas cocidas: Caracterización integral y análisis de correlación. *Foods*, 11(17), 2619. <https://doi.org/10.3390/foods11172619>
- Li, J., Zhang, Y., Wang, S., & Liu, G. (2024). Fabrication of food polysaccharide, protein, and polysaccharide–protein composite gels via calcium ion inducement: Gelation mechanisms, conditional factors, and applications. *Food Hydrocolloids*, 155, 109350. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2024.109350>
- López-López, I., Cofrades, S., Ruiz-Capillas, C., & Jiménez-Colmenero, F. (2014). Design and nutritional properties of healthy meat products rich in bioactive compounds. *Food Reviews International*, 30(1), 42–61. <https://doi.org/10.1080/87559129.2013.853775>
- Majzoobi, M., Talebanfar, S., Eskandari, M. H., & Farahnaky, A. (2017). Improving the quality of meat-free sausages using κ -carrageenan, konjac mannan and xanthan gum. *International Journal of Food Science & Technology*, 52(5), 1269–1275. <https://doi.org/10.1111/ijfs.13394>
- Pérez-Cacho, M. P., Rodríguez-Carpena, J. G., & Gómez, I. (2022). Functional properties of polysaccharides in meat analogues: A review. *Food Hydrocolloids*, 131, 107778. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2022.107778>
- Stone, H., & Sidel, J. L. (2004). *Sensory evaluation practices* (3rd ed.). Academic Press.
- Pietrasik, Z., Gaudette, N. J., & Johnston, S. P. (2020). Plant-based proteins as functional ingredients in meat products. *Journal of Food Processing and Preservation*, 44(5), e14665. <https://doi.org/10.1111/jfpp.14665>
- Plant-Based Meat Alternatives: Enhancing textural properties through hydrocolloid–salt interactions in soy protein-based systems. (2023). *Food Hydrocolloids*, 145, 108816. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2023.108816>

- Ryu, S., Park, J., & Lee, S. (2022). Effect of carrageenan–guar gum blends on texture and water retention of plant-based sausages. *LWT – Food Science and Technology*, 162, 113419. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2022.113419>
- Tunieva, E. K., Semenova, A. A., & Kuznetsov, A. N. (2021). A study on the synergistic interaction of κ -carrageenan with konjac gum. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 640(5), 052012. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/640/5/052012>
- Shi, W., Huang, X., Schooling, C. M., & Zhao, J. V. (2023). Red meat consumption, cardiovascular diseases, and diabetes: A systematic review and meta-analysis. *European Heart Journal*, 44(28), 2626–2638. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehad236>
- Sato, T., Takahashi, R., & Yoshida, T. (2020). Textural and structural properties of a κ -carrageenan–konjac gum mixed gel: Effects of κ -carrageenan concentration, mixing ratio, sucrose and Ca^{2+} concentrations on the properties of the gel. *Food Hydrocolloids*, 107, 105930. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2020.105930>
- Serdaroğlu, M., Yıldız-Turp, G., & Abrodímov, K. (2022). Nutritional and technological properties of traditional meat sausages: A comparative study. *LWT – Food Science and Technology*, 155, 112935. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.112935>
- Toldrá, F., Reig, M., & Mora, L. (2021). Management of meat analogues: Technological and sensory challenges. *Trends in Food Science & Technology*, 116, 755–768. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.08.019>
- Wu, D., Liu, C., Zhang, X., & Wang, Y. (2022). An innovative konjac glucomannan/ κ -carrageenan mixed tensile gel. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 102(7), 3057–3064. <https://doi.org/10.1002/jsfa.11708>
- Yang, H., Liu, H., & Zhang, Y. (2021). Synergistic effects of konjac glucomannan and carrageenan on the gel properties of composite systems. *Carbohydrate Polymers*, 258, 117683. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2021.117683>
- Zhu, X., Zhang, Y., Li, J., & Chen, H. (2022). Effects of κ -carrageenan and guar gum on the rheological properties and microstructure of phycocyanin gel. *Foods*, 11(5), 734. <https://doi.org/10.3390/foods11050734>