


Valoración fisicoquímica y sensorial de nugget vegano a base de *Agaricus bisporus* y *Lens culinaris*


Physicochemical and Sensory Evaluation of Vegan Nugget Based on *Agaricus bisporus* and *Lens culinaris*

Cedeño Ganchozo, María Nicole ¹
Santana Intriago, Miguel Eduardo ²
Gavilanes López, Pablo Israel ^{3*}

Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López, Calceta, Ecuador

¹ maria.cedeng@espam.edu.ec 

² miguel.santana.41@espam.edu.ec 

³ pgavilanes@espam.edu.ec 

Recibido/received:03/10/2025 Corregido/revised:03/11/2025 Aceptado/accepted:08/12/2025

Resumen: El estudio tuvo como objetivo evaluar las propiedades fisicoquímicas, microbiológicas y sensoriales de un nugget vegano elaborado a partir de *Agaricus bisporus* y *Lens culinaris*. Se desarrolló una investigación experimental con tres formulaciones que variaron la proporción de champiñón y lenteja, aplicando análisis bromatológicos, pruebas de textura, ensayos microbiológicos y una evaluación sensorial con consumidores no entrenados. Los resultados demostraron que la formulación T1 presentó el perfil nutricional más favorable, con mayor aporte proteico y una composición más equilibrada, además de un comportamiento textural estable. Por su parte, T3 destacó por una mejor percepción sensorial, especialmente en atributos relacionados con textura y aceptabilidad general. Debido a su desempeño nutricional y tecnológico, T1 fue seleccionado para los análisis microbiológicos, confirmándose su inocuidad al no detectarse microorganismos patógenos. En conjunto, los hallazgos evidencian que T1 constituye la alternativa más sólida para la formulación de nuggets veganos, al integrar un adecuado equilibrio entre calidad nutricional, características texturales, seguridad microbiológica y una aceptación sensorial satisfactoria.

Palabras clave: nuggets; veganos; agaricus bisporus; lens culinaris; textura.

Abstract: The objective of this study was to evaluate the physicochemical, microbiological, and sensory properties of a vegan nugget formulated with *Agaricus bisporus* and *Lens culinaris*. An experimental design with three formulations varying the proportions of mushroom and lentil was applied, including bromatological analyses, texture profile assessment, microbiological testing, and a sensory evaluation with

* Autor de correspondencia
Correo: pgavilanes@espam.edu.ec



Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-SinDerivar 4.0

untrained consumers. The results showed that formulation T1 exhibited the most favorable nutritional profile, offering a higher protein contribution and a more balanced composition, along with stable textural characteristics. In contrast, T3 achieved superior sensory acceptance, particularly in attributes related to texture and overall liking. Based on its nutritional and technological performance, T1 was selected for microbiological analysis, which confirmed its safety through the absence of pathogenic microorganisms. Overall, the findings indicate that T1 represents the most robust option for formulating vegan nuggets, as it integrates an appropriate balance of nutritional quality, textural properties, microbiological safety, and satisfactory consumer acceptance.

Keywords: nuggets; veganos; agaricus bisporus; lens culinaris; texture

Introducción

El presente estudio se enmarca en la búsqueda de alternativas alimentarias saludables y sostenibles, abordando la formulación de nuggets veganos a partir de ingredientes con alto valor nutricional como las lentejas (*Lens culinaris*) y el hongo champiñón (*Agaricus bisporus*). Esta línea de investigación es pertinente debido a la creciente asociación entre el consumo de carne roja y procesada que causan enfermedades no transmisibles, como lo es el cáncer, la obesidad, la diabetes tipo II, enfermedades cardiovasculares, del intestino como la diverticulitis y crónicas del hígado, muchas veces ocasionadas por contaminación microbiológica como Salmonella, Campylobacter y *E. Coli* (Ferreirim, 2018).

El consumo de leguminosas sigue siendo bajo a pesar de los beneficios nutricionales que aportan, esto es debido al desconocimiento de sus propiedades funcionales, representando un problema para la seguridad alimentaria. En particular, las lentejas contienen entre 23% y 35% de proteínas, una alta proporción de fibra dietética (17g/100g) y una combinación de micronutrientes esenciales como hierro, zinc, magnesio y fósforo, que contribuyen a la regulación glucémica y la sensación de saciedad (Nambo et al., 2023; Ramírez et al., 2022). El *Agaricus bisporus*, es uno de los hongos más cultivados a nivel mundial (30% de la producción global), aporta compuestos bioactivos como terpenoides, adenosina, almidón y polisacáridos funcionales que benefician la salud (Rahman et al., 2024; Robinson et al., 2018). Sin embargo, su potencial nutricional sigue subvalorado por gran parte de la población.

Una de las principales dificultades en la elaboración de nuggets veganos reside en lograr una textura y sabor similares al tradicional de los productos cárnicos, por lo que es un desafío a nivel sensorial cumplir con esta expectativa y satisfacer las necesidades del consumidor (Quintieri, 2023). En este contexto, la combinación de *Lens culinaris* y *Agaricus bisporus* aparece como una estrategia prometedora, tanto desde la perspectiva nutricional como tecnológica, debido a que permite el desarrollo de productos con buena palatabilidad y aportes funcionales.

El presente estudio se sustentó en teorías de alimentación funcional y nutrición preventiva, integrando principios de tecnología alimentaria y salud pública, si bien investigaciones previas han evaluado mezclas generales de hongos y leguminosas para la elaboración de análogos cárnicos, este trabajo introduce una innovación específica al emplear proporciones definidas de *Agaricus bisporus* y *Lens culinaris* en la formulación de un nugget vegano, mejoradas a partir de una metodología experimental tripartita (25–75%, 50–50%, 75–25%). Es así que, la novedad radica en la evaluación integral de los efectos de estas

proporciones sobre parámetros fisicoquímicos, texturales, microbiológicos y sensoriales, lo cual no ha sido registrado anteriormente para este tipo de producto. Este enfoque permitió la identificación de una formulación óptima a partir de una combinación inédita de ingredientes y de un proceso estandarizado de cocción, mezclado, moldeado, empanizado y precocción, constituyéndose como un aporte diferenciador frente a los antecedentes disponibles sobre análogos cárnicos basados en hongos o leguminosas por separado.

La investigación se desarrolla en un contexto donde el cambio en los hábitos alimenticios y las tendencias de consumo responsable impulsan la demanda de alimentos sostenibles, accesibles y funcionales. De este modo, el objetivo de este trabajo es valorar las propiedades fisicoquímicas y sensoriales de un nuggets vegano a base de *Agaricus bisporus* y *Lens culinaris*, con miras a contribuir a la diversificación de productos saludables.

Material y Métodos

El presente estudio se llevó a cabo bajo un enfoque mixto, combinando métodos cuantitativos para la caracterización físico-química y microbiológicas del producto y del enfoque cualitativo para la evaluación sensorial por parte de los consumidores. El tipo de investigación fue aplicada, dado que su objetivo principal es el desarrollo y validación de un producto alimenticio vegetal a base de lenteja y champiñón, con potencial para ingresar al mercado como una alternativa saludable.

El diseño metodológico fue experimental y transversal. Se elaboraron tres formulaciones de nuggets veganos, variando las proporciones de lenteja y champiñón, para identificar la opción con mejores propiedades físico-químicas y aceptación sensorial. El análisis se realizó en un solo corte temporal.

Caracterización de la materia prima: Se caracterizaron dos materias primas: hongos champiñones (*Agaricus bisporus*) los cuales se adquirieron frescos en presentación al granel en la ciudad de Quito al proveedor “Kanasta verde”, antes de usarlos se realizó una evaluación sensorial, analizando su olor, color y textura. Las lentejas (*Lens culinaris*) fueron adquiridas en Chone, en la cadena de supermercados “AKI” antes de usarla se realizó una evaluación sensorial, analizando su olor, color y textura, posteriormente se le dio un tratamiento térmico para facilitar su molienda y mezclado.

Diseño experimental: Estuvo constituido por las muestras de nuggets veganos elaborados a base de *Agaricus bisporus* y *Lens culinaris*. Cada tratamiento consistió en una formulación específica de nuggets, la cual fue replicada para asegurar la validez de los resultados obtenidos. Cada muestra se elaboró con un peso de 30 g, conformando un paquete de seis unidades con un peso neto de 180 g y cada tratamiento se evaluó en 5 réplicas.

T1. Champiñón (*Agaricus bisporus*) 25% y Lenteja (*Lens culinaris*) 75%

T2. Champiñón (*Agaricus bisporus*) 50% y Lenteja (*Lens culinaris*) 50%

T3. Champiñón (*Agaricus bisporus*) 75% y Lenteja (*Lens culinaris*) 25%

Los porcentajes de *Agaricus bisporus* y *Lens culinaris* utilizados en la formulación de los nuggets veganos fueron determinados con base en lo propuesto por Salazar (2024), quien emplea proporciones similares para mejorar el aporte proteico y la estabilidad del producto. Estas relaciones permiten establecer formulaciones equilibradas que ayudan a la textura, el sabor y el valor nutricional. En este estudio, el proceso de elaboración se resume en las etapas esenciales que inciden directamente en las variables experimentales: preparación y tratamiento térmico de la lenteja, limpieza y pesado del champiñón, homogenización de la mezcla según cada tratamiento, moldeado estandarizado y una pre cocción controlada, asegurando así uniformidad y reproducibilidad en los tres tratamientos evaluado, Figura 1.

Figura 1

Proceso de pre cocción del nugget vegano



Recepción y limpieza de la lenteja (Lens culinaris): Se recibió, desempacó y revisó de forma visual la materia prima, posteriormente fue lavada y desinfectada con agua purificada. *Pesado de la lenteja (Lens culinaris):* Esta materia prima se pesó en una balanza digital CANRY ACS-30-JE311, se procedió a pesar las lentejas (T1=788 g / T2=525 g / T3=262 g). *Recepción y limpieza del hongo (Agaricus bisporus):* Se recibió, desempacó, revisó y seleccionó la materia prima, por medio del olfato (que tengan su olor característico a tierra) y la vista (que no estén con manchas y otros colores), posteriormente fue lavada y desinfectada con agua purificada, y se retiró la parte final de su tallo. *Pesado del hongo (Agaricus bisporus):* Esta materia prima se pesó en una balanza digital, se procedió a pesar los hongos (T1= 262 g / T2=525 g / T3=788 g). *Pesado de los insumos:* Se realizó el pesado de los insumos naturales como la sal yodada 15 g, cilantro 15 g, ajo 30 g, cebolla 120 g, pimienta verde 120 g, para mejorar las características sensoriales. Esto se pesó en una balanza digital y una balanza gramera SCALE HZ5003B.

Cocción de la materia prima lenteja (Lens culinaris) y sus insumos. La lenteja y los insumos como la sal, ajo, pimienta, cilantro y cebolla se sometió a un proceso de cocción a una temperatura de 90 °C durante 15 minutos. Utilizando agua purificada de 1500 g, una olla de acero inoxidable, así mismo, una cocina industrial con el fin de mejorar su textura y facilitar su posterior mezclado. *Mezclado:* Para realizar la mezcla se utilizó un procesador de alimento, con capacidad de 2 L y 400 W SOKANY modelo SK-7020, con el que se trocó las lentejas, los hongos y los insumos, todo a una temperatura de 20 °C, al igual que se homogenizó la pasta durante 3 minutos de manera manual. *Moldeado:* Se realizó el moldeado de forma manual, para que

tomen forma de nuggets, con un peso unitario de 30 g, con la ayuda de la balanza digital BOECO. *Empanizado*: Se realizó un empanizado con un cereal natural Kelloggs, y se lo trituro con la ayuda del procesador de alimentos (por 6 s) para aumentar su rendimiento y conseguir un empanizado más uniforme. La operación fue manual, es decir, se esparció el cereal sobre el nuggets cubriéndolo por completo.

Pre cocción: Teniendo los nuggets ya realizados, se los llevó a un horno eléctrico, por 50 min a una temperatura de 250 °C, llegando a alcanzar una temperatura interna de 70 °C (Figura 2). *Enfriado*: Se dejaron reposar los nuggets una vez salidos del horno por 20 min a una temperatura de 18 °C, para su posterior congelado en un congelador a una temperatura de -18 °C. *Congelación*: Se los llevaron a congelación a una temperatura de -18 °C, en platos desechables cubiertos con papel aluminio, durante 24 h. *Empacado*: Se empacaron seis porciones de 30 g de nuggets al vacío, teniendo un total de 180 g cada empaque de polietileno, con la ayuda de la selladora al vacío ECUA PACK DZ-260/PD. *Almacenado*: Se almacenaron los nuggets veganos en un congelador a una temperatura de -18 °C. En la Figura 3 se muestra el diagrama de flujo, que resumen las etapas antes descritas.

Figura 2
Temperatura interna del nugget vegano

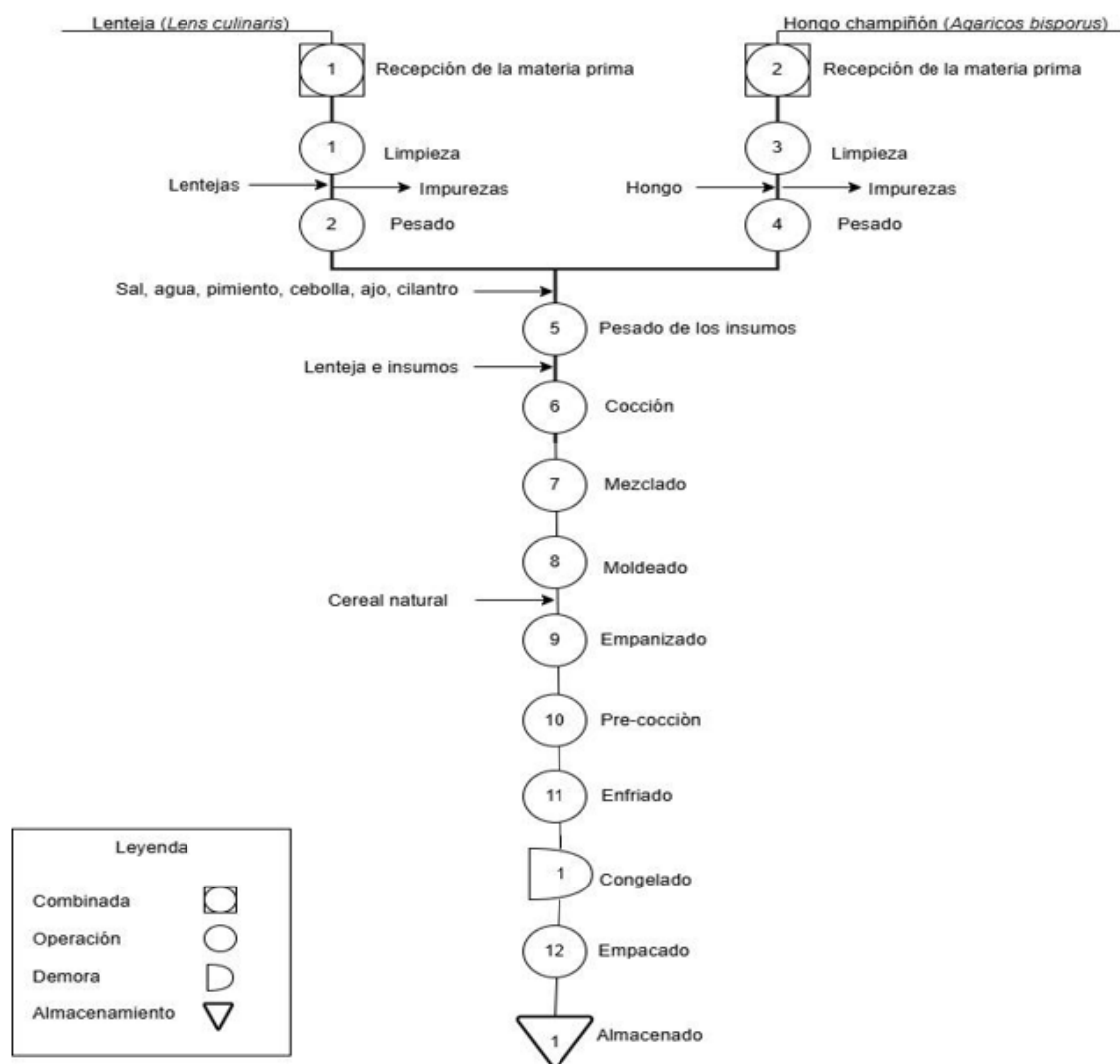


Para la evaluación sensorial la población de estudio estuvo constituida por consumidores adultos entre 18 y 55 años, de la comunidad estudiantil de la carrera de agroindustria, por 80 catadores no entrenados realizaron la evaluación sensorial. Se utilizó una escala hedónica verbal de cinco puntos, donde se valoraron atributos como sabor, textura, color, apariencia y aceptabilidad general. Criterios de inclusión: personas adultas sin alergias a los ingredientes. Los criterios de exclusión: personas menores de edad, alérgicos a legumbres u hongos.

Los análisis fisicoquímicos se realizaron en el laboratorio de bromatología de la carrera de Agroindustria de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López, a excepción del análisis de proteína, que fue realizado en el laboratorio de la extensión de la Universidad Técnica de Manabí (UTM) Chone.

Para el análisis bromatológico se aplicaron métodos gravimétricos descritos por Nielsen (2007), con los cuales se determinaron los contenidos de humedad, proteína, grasa, ceniza, fibra y carbohidratos, para el procesamiento de los datos cuantitativos se utilizó el software SPSS versión 25, aplicando estadística descriptiva, la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk, la prueba de homogeneidad de Levene y un análisis de varianza (ANOVA) de un factor. La hipótesis estadística planteada fue: H_0 : no existen diferencias significativas entre los tratamientos; H_1 : existen diferencias significativas, aplicándose como regla de decisión rechazar H_0 cuando $p < 0.05$. Para los datos cualitativos del panel sensorial se procesaron los rangos mediante comparación estadística con la prueba de Tukey. La elaboración del producto contempló la estandarización de etapas críticas como la cocción de la lenteja, homogenización de la mezcla, moldeado y precocción, garantizando condiciones uniformes entre tratamientos. Se utilizó observación directa para el control del proceso y equipos como balanza analítica, estufa de secado, mufla y desecador, junto con fichas de cata para la evaluación sensorial.

Figura 3
Diagrama del proceso de producción del nugget vegano



Resultados y Discusión

Características fisicoquímicas

Se comprobó el cumplimiento de los supuestos de normalidad y homogeneidad de los datos mediante las pruebas de Shapiro-Wilk y Levene, y posteriormente se procedió a realizar el análisis de varianza (ANOVA), para determinar diferencias significativas entre los tratamientos en los parámetros fisicoquímicos del nugget vegano.

Los resultados del ANOVA (Tabla 1), muestran diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos debido a que todos presentan valores menores a 0.05. Las variables de respuesta: ceniza, humedad, grasa, proteína y carbohidratos presentaron valores de $p < 0.001$, esto quiere decir que la proporción de champiñón y lenteja influye de manera marcada en estos componentes nutricionales. La fibra también registró diferencias significativas entre tratamientos ($p = 0.038$), aunque con menor intensidad que las demás variables.

Estos datos confirman que las variaciones en la formulación de nuggets veganos afectan de forma directa su perfil fisicoquímico, en especial en la humedad, proteína y grasa, donde los valores de F fueron más elevados, expresando un mayor grado de diferencia entre los tratamientos. En conjunto, los resultados validan que la composición de champiñón y lenteja es un factor determinante en la calidad nutricional del producto, siendo necesario complementar con pruebas post hoc para identificar cuáles tratamientos difieren entre sí.

Tabla 1. Resultados del análisis de ANOVA de un factor para los parámetros fisicoquímicos en nuggets veganos elaborados con diferentes proporciones de champiñón y lenteja.

	F	gl1	gl2	P
Ceniza	15.99	2	12	<.001
Humedad	69.95	2	12	<.001
Fibra	4.35	2	12	0.038
Grasa	273.40	2	12	<.001
Proteína	89.52	2	12	<.001
Carbohidratos	15.15	2	12	<.001

Nota. Valores de $p < 0.05$ indican diferencias estadísticas significativas entre tratamientos. Fuente: Elaborada por los autores, 2025.

El análisis de la prueba de Tukey HSD (Tabla 2) evidenció que la proporción de *Agaricus bisporus* y *Lens culinaris* influye estadísticamente en el perfil fisicoquímico de los nuggets veganos. El tratamiento T1, con mayor proporción de lenteja, registró el contenido proteico más alto y una composición nutricional más equilibrada. En cambio, T3 con mayor presencia de champiñón, registró mayor humedad y el nivel más bajo

de proteína, además de una ligera reducción en carbohidratos. T2 se ubicó en un rango intermedio en casi todos los parámetros. Es decir, se confirman que el incremento de lenteja potencia el aporte proteico y de fibra, mientras que una mayor cantidad de champiñón incrementa la humedad del producto, por lo tanto, T1 se establece como la formulación más adecuada desde el punto de vista nutricional.

Estos datos coinciden con lo determinado por el estudio sobre análogos cárnicos a base de leguminosas de Correa (2024), donde enfatizó que la lenteja es una fuente importante de proteínas y carbohidratos, por lo que su inclusión mejora exponencialmente el perfil nutricional de los productos. Es así como, Ávalo et al. (2025) alegan que la incorporación de leguminosas en los productos vegetales incrementa hasta un 30% el contenido proteico total, mientras que Flores y Suárez (2022) argumentan que la combinación de hongos y leguminosas permite mejorar parámetros, como el contenido nutricional y la retención de humedad, favoreciendo así aspectos como la calidad y textura en los alimentos. En este sentido, la inclusión de hongos como el *Agaricus bisporus* incrementa la capacidad de retención de agua en las formulaciones, esto se vio reflejado en los datos de humedad del T3 (aproximadamente 63.4%).

Tabla 2. Resultados de la prueba de comparación múltiple de Tukey para los parámetros fisicoquímicos en nuggets veganos elaborados con diferentes proporciones de champiñón y lenteja.

Tratamiento	Ceniza (%)	Humedad (%)	Fibra (%)	Grasa (%)	Proteína (%)	Carbohidratos (%)
T1	2.45 ± 0.10 a	60.0 ± 1.5 b	5.2 ± 0.4 a	0.19 ± 0.03 b	10.4 ± 0.4 a	29.2 ± 0.5 ab
T2	2.30 ± 0.10 ab	61.7 ± 1.5 ab	4.9 ± 0.4 ab	0.18 ± 0.03 ab	9.05 ± 0.5 ab	31.9 ± 0.5 a
T3	2.10 ± 0.10 b	63.4 ± 1.5 a	4.6 ± 0.4 b	0.17 ± 0.03 a	6.27 ± 0.5 b	27.0 ± 0.5 b

Nota. Valores presentados como media ± desviación estándar. Letras iguales en una misma columna indican que no existen diferencias estadísticas significativas entre tratamientos ($p > 0.05$), mientras que letras diferentes representan diferencias significativas ($p < 0.05$). Fuente: Elaborada por los autores, 2025.

En cuanto a la fracción lipídica, los tratamientos muestran bajos niveles de grasa (entre 2,1 - 3,0%), esto podría considerarse como una ventaja tecnológica y nutricional en el desarrollo de un nugget vegano. Según Correa (2024), la reducción de lípidos en productos de origen vegetal es un aspecto coherente que conecta con la tendencia hacia alimentos más saludables, con menor densidad calórica y orientado a consumidores preocupados por la salud cardiovascular. Complementariamente, Gómez et al. (2021) demostraron que formulaciones con menos del 5% de grasa mantienen la textura adecuada no comprometiendo así la palatabilidad. Este aspecto fortalece la pertinencia de utilizar combinaciones de champiñón y lenteja como

base de análogos cárnicos, manteniendo un perfil lipídico saludable. Los resultados del análisis de textura de (Tabla 3), muestra que todas las variables analizadas presentaron diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos ($p < 0.05$). En particular, la dureza ($F = 5.42$; $p = 0.021$), cohesividad ($F = 450.71$; $p < 0.001$), elasticidad ($F = 17.44$; $p = 0.0003$), gomosidad ($F = 10.69$; $p = 0.0022$), masticabilidad ($F = 7.20$; $p = 0.0088$) y resistencia ($F = 19.86$; $p = 0.0002$) que presentaron variaciones notables.

Tabla 3. Resultados del análisis de varianza Anova para los parámetros de textura en nuggets veganos elaborados con diferentes proporciones de champiñón y lenteja.

Variable	F	gl1	gl2	p
Dureza	5.42	2	12	0.021
Cohesividad	450.71	2	12	<0.001
Elasticidad	17.44	2	12	0.0003
Gomosidad	10.69	2	12	0.0022
Masticabilidad	7.20	2	12	0.0088
Resistencia	19.86	2	12	0.0002

Fuente: Elaborada por los autores, 2025

En relación con la comparación de medias mediante la prueba de Tukey (Tabla 4), se evidenció que las propiedades de dureza y resistencia no presentaron diferencias significativas entre los tratamientos ($p > 0.05$), manteniéndose rangos estadísticamente similares. En cohesividad, el tratamiento T2 registró los datos más bajos, diferenciándose de T1 - T3, que presentaron promedios superiores y estadísticamente iguales entre sí. En elasticidad y masticabilidad, el tratamiento T3 registró los datos más altos, lo que indica una estructura más flexible y con mayor capacidad de deformación durante la mordida, mientras que T1 - T2 registraron valores estadísticamente menores. En cuanto a la gomosidad, T2 nuevamente expresó la menor media, en contraste con T1 - T3, que se ubicaron en la misma categoría estadística. Esto quiere decir que T3 dispone de una textura más elástica, gomosa y masticable, mientras que T2 se caracteriza por una menor cohesividad y gomosidad, evidenciando diferencias en la estructura interna del producto según la proporción de champiñón y lenteja.

Tabla 4. Resultados de la prueba de comparación múltiple de Tukey para los parámetros de textura en nuggets veganos elaborados con diferentes proporciones de champiñón y lenteja.

Tratamiento	Dureza (N)	Cohesividad (%)	Elasticidad (mm)	Gomosidad (N)	Masticabilidad (N-mm)	Resistencia (N)
T1	27.97 ± 3.6 a	0.0596 ± 0.010 a	0.1348 ± 0.012 b	1.2586 ± 0.20 a	0.1256 ± 0.018 b	0.0666 ± 0.011 a
T2	27.47 ± 4.1 a	0.0156 ± 0.004 b	0.1398 ± 0.015 b	0.3050 ± 0.06 b	0.0456 ± 0.009 b	0.0264 ± 0.006 b
T3	25.05 ± 2.8 a	0.0540 ± 0.009 a	0.3244 ± 0.020 a	1.3556 ± 0.22 a	0.4842 ± 0.060 a	0.0592 ± 0.010 a

Fuente: Elaborada por los autores, 2025

Características microbiológicas

El tratamiento T1 (25% champiñón y 75% lenteja) fue el que presentó el mejor perfil nutricional y un balance adecuado en las propiedades texturales, se seleccionó este como el más representativo para la evaluación microbiológica. Para ello, se realizaron tres réplicas con el fin de validar la inocuidad del producto.

En la evaluación de *Escherichia coli*, los resultados muestran que en las tres réplicas no se detectaron unidades formadoras de colonias (0 UFC/g), lo que indica ausencia de contaminación por *E. coli* en los nuggets veganos (Tabla 5). Esto evidencia que el producto cumple con los estándares de inocuidad alimentaria según el método de ensayo ISO 16649-1:2019, asegurando su seguridad microbiológica para el consumo.

Tabla 5. Recuento microbiológico de *Escherichia coli* (UFC/g) en nuggets veganos elaborados con diferentes proporciones de champiñón y lenteja

Muestra	UFC/g		
Nuggets	T1R1	T1R2	T1R3
	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00

Fuente. Laboratorio microbiológico de la Universidad Técnica de Manabí, en conformidad a la ISO 16649-1:2019.

En la evaluación de *Salmonella* (Tabla 6), los resultados evidencian ausencia del patógeno en las tres réplicas, sin detectarse unidades formadoras de colonias. Esto confirma que los nuggets veganos cumplen con los requisitos de inocuidad microbiológica establecidos en la norma NTE INEN 1529-15, garantizando un producto seguro para el consumo humano.

Tabla 6. Detección microbiológica de *Salmonella* (UFC/g) en nuggets veganos elaborados con diferentes proporciones de champiñón y lenteja

Muestra	UFC/g		
Nuggets	T1R1	T1R2	T1R3
	Ausencia	Ausencia	Ausencia

Nota. UFC/g = unidades formadoras de colonia por gramo; el término Ausencia indica que no se detectó crecimiento de la bacteria en las réplicas analizadas. Fuente. Laboratorio microbiológico de la Universidad Técnica de Manabí, en conformidad a la NTE INEN 1529-15.

En la evaluación de *Staphylococcus aureus* (Tabla 7), los resultados muestran ausencia del microorganismo en las tres réplicas, con valores de 0 UFC/g en todas las muestras. Esto indica que los nuggets veganos cumplen con los criterios de inocuidad establecidos en la norma NTE INEN 1529-14, asegurando que el producto es microbiológicamente seguro para el consumo.

Tabla 7. Recuento microbiológico de *Staphylococcus aureus* (UFC/g) en nuggets veganos elaborados con diferentes proporciones de champiñón y lenteja

Muestra	UFC/g		
Nuggets	T1R1	T1R2	T1R3
	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00

Fuente. Laboratorio microbiológico de la Universidad Técnica de Manabí, en conformidad a la NTE INEN 1529-14.

En la evaluación de aerobios mesófilos (Tabla 8), los resultados evidencian que en las tres réplicas no se detectaron unidades formadoras de colonias (0 UFC/g). Esto demuestra que los nuggets veganos presentan una carga microbiana nula en este grupo de bacterias, cumpliendo con los parámetros de inocuidad establecidos en la norma NTE INEN 1529-7, lo que garantiza un producto seguro y apto para el consumo.

Tabla 8. Recuento de aerobios mesófilos (UFC/g) en nuggets veganos según tratamientos: T1 (25% champiñón y 75% lenteja), T2 (50% champiñón y 50% lenteja) y T3 (75% champiñón y 25% lenteja)

Muestra	UFC/g		
Nuggets	T1	T2	T3
	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00

Fuente. Laboratorio microbiológico de la Universidad Técnica de Manabí, en conformidad a la NTE INEN 1529-7.

En cuanto a los resultados microbiológicos, se puede destacar que los nuggets veganos cumplen con parámetros de inocuidad al no presentar crecimiento de *Escherichia coli*, *Salmonella*, *Staphylococcus aureus* ni aerobios mesófilos, esto quiere decir que es un producto seguro para el consumo. Estos hallazgos coinciden con Correa (2024), quien afirma que el uso de materias primas vegetales, junto con adecuados procesos de higienización, permiten la generación de alimentos libres de contaminación microbiana. La evidencia científica internacional indica que, en general, los productos vegetales alternativos presentan una calidad microbiológica comparable o incluso superior a la de los productos cárnicos tradicionales, siempre que se mantengan condiciones adecuadas de procesamiento y almacenamiento (Gräfenhahn y Beyrer, 2024; Willis et al., 2024). Varios estudios han demostrado que los análogos cárnicos a base de plantas exhiben bajas cargas microbianas cuando se aplican buenas prácticas de manufactura y controles térmicos apropiados (Hai et al., 2024; Bonaldo et al., 2024). Asimismo, se ha evidenciado que la inocuidad de estas matrices alimentarias depende en gran medida del manejo higiénico durante su preparación y del control de la humedad, factores esenciales para prevenir el desarrollo de microorganismos deteriorantes o patógenos (Bonaldo et al., 2025).

Evaluación sensorial

Los resultados sensoriales (Tabla 9) muestran que la proporción de champiñón (*Agaricus bisporus*) influye significativamente en todos los parámetros evaluados ($p < 0,05$). El tratamiento T3 (75% champiñón y 25% lenteja) obtuvo las mayores valoraciones en apariencia (2,46), color (2,52), textura (2,63), sabor (2,56) y aceptación general (2,62), indicando que un mayor contenido de champiñón mejora la percepción global del nugget vegano. T1 (25% champiñón y 75% lenteja) presentó las puntuaciones más bajas en todos los atributos, mientras que T2 (50% champiñón y 50% lenteja) se ubicó en un rango intermedio. Estos resultados evidencian un efecto gradual de la proporción de champiñón sobre la aceptación sensorial, consolidando a T3 como el tratamiento más favorable para el producto.

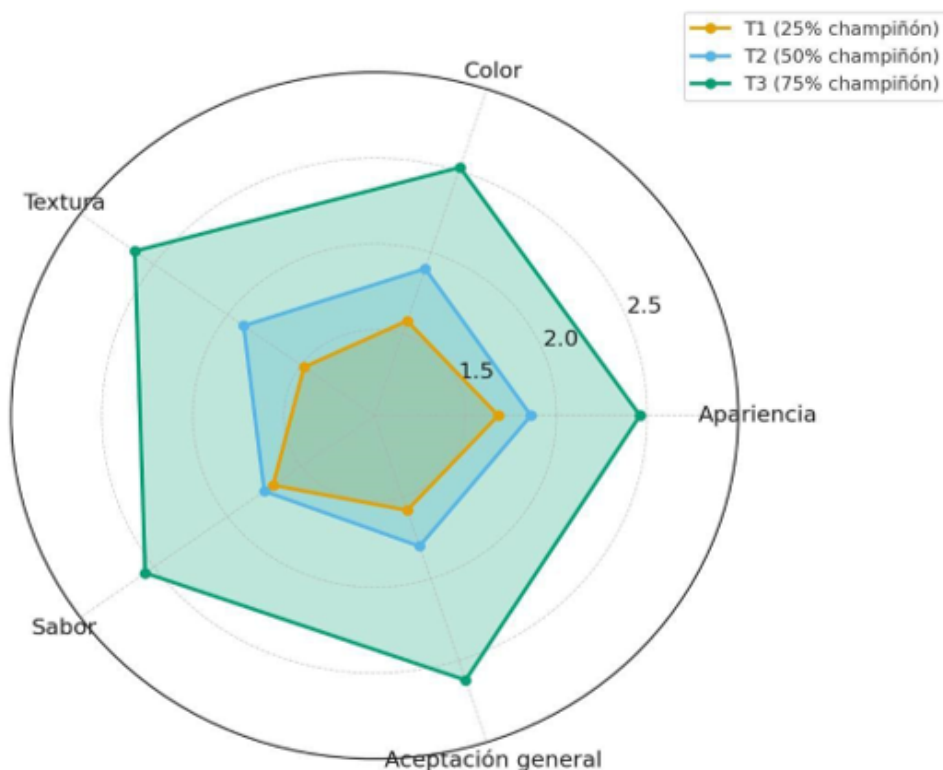
Tabla 9. Evaluación sensorial de Nuggets veganos según apariencia, color, textura, sabor y aceptación general. Valores expresados como media de rangos con su categoría estadística (Tukey, $p < 0,05$)

Parámetro	T1 (25% C / 75% L)	T2 (50% C / 50% L)	T3 (75% C / 25% L)
Apariencia	1,68 c	1,86 b	2,46 a
Color	1,58 c	1,90 b	2,52 a
Textura	1,48 c	1,89 b	2,63 a
Sabor	1,69 c	1,75 b	2,56 a
Aceptación general	1,58 c	1,80 b	2,62 a

Nota. Letras diferentes indican diferencias significativas entre tratamientos ($p < 0,05$) según la prueba de Tukey. La letra “a” corresponde al tratamiento con mayor aceptación, mientras que “c” indica el tratamiento con menor aceptación. Fuente: Elaborada por los autores, 2025.

En síntesis, se evidenció que el incremento del porcentaje de champiñón en los tratamientos mejora de forma consistente los atributos sensoriales evaluados. El tratamiento T1 (25%) presenta los rangos más bajos en todas las categorías, especialmente en textura y apariencia. El T2 (50%) muestra un aumento moderado en cada atributo, especialmente en color y sabor. En cambio, T3 (75%) registró las puntuaciones más altas, sobresaliendo en textura y aceptación general (Figura 4).

Figura 4
Gráfico radial de atributos sensoriales del nugget vegano



En el aspecto sensorial, el tratamiento T3 (75% champiñón y 25% lenteja) fue el más aceptado en apariencia, color, sabor y aceptación general, lo que evidencia que una mayor proporción de champiñón aporta características visuales y organolépticas más atractivas para el consumidor. Sin embargo, los tratamientos con mayor proporción de lenteja (T1 y T2) ofrecieron un mejor aporte nutricional, lo que refuerza la necesidad de buscar un balance entre calidad microbiológica, sensorial y valor nutricional en el desarrollo de nuggets veganos.

El reto principal está en definir la proporción óptima de champiñón y lenteja que logre un balance entre proteína (aproximadamente 18–20% en T1), humedad (63.4% en T3) y textura (elasticidad 0,85 en T3), asegurando así tanto la calidad como la aceptación sensorial del nugget vegano. Investigaciones como la de Astiasarán et al. (2023) recomiendan que ajustes precisos en la proporción de ingredientes vegetales mejora simultáneamente el perfil nutricional y las propiedades mecánicas, confirmando así la importancia de este enfoque en la industria de alimentos funcionales.

Investigaciones recientes demuestran que los hongos, especialmente *Agaricus bisporus* y portobello, aportan compuestos umami, pigmentos naturales y polisacáridos que mejoran el color, la jugosidad y la elasticidad, propiedades decisivas para una percepción positiva del consumidor en productos plant-based (Kyriakopoulou et al., 2021; Boro et al., 2025). Además, estudios comparativos sobre formulaciones vegetales advierten que las matrices basadas en hongos, aunque sensorialmente superiores, tienden a presentar una menor densidad proteica en comparación con formulaciones centradas en leguminosas (Xie et al., 2024), lo cual concuerda con el menor contenido proteico registrado en el tratamiento T3. En contraste, los tratamientos con mayor proporción de lenteja (T1 y T2) demostraron un perfil nutricional más contundente, especialmente en términos de proteína y fibra, lo cual es consistente con hallazgos que indican que las leguminosas no sólo incrementan la calidad nutricional, sino que también mejoran la estabilidad de la matriz alimentaria y la capacidad de retención de agua (Trincão da Silva et al., 2024).

Este equilibrio entre los atributos sensoriales aportados por los hongos y la densidad nutricional proporcionada por las leguminosas deja en evidencia uno de los principales desafíos en el desarrollo de análogos cárnicos: lograr una optimización simultánea de textura, aceptabilidad y valor nutricional (Oladimeji et al., 2024; Zahari et al., 2022). Por esto, diversos autores recomiendan estrategias de formulación híbrida que ajusten finamente las proporciones de ingredientes vegetales para mejorar estructura mecánica, mordida, aporte proteico y percepción organoléptica (Sha y Xiong, 2020).

Conclusiones

El estudio determinó que los tratamientos evaluados no presentan un único desempeño superior en todos los parámetros, más bien su eficiencia depende del criterio de evaluación considerado. Desde un enfoque nutricional o microbiológico, el tratamiento T1 (25 % champiñón y 75 % lenteja) se posicionó como el más factible, debido a que registró el mayor contenido proteico (10.4 %), un nivel adecuado de carbohidratos y grasa, y la confirmación de inocuidad microbiológica mediante la ausencia de *E. coli*, *Salmonella*, *Staphylococcus aureus* y aerobios mesófilos en las tres réplicas analizadas, estas características respaldan la selección de T1 como una formulación contundente para fines nutricionales y de seguridad alimentaria.

Desde un enfoque sensorial, el tratamiento T3 (75 % champiñón y 25 % lenteja) reportó las mejores puntuaciones en apariencia, color, textura, sabor y aceptabilidad general, esto evidencia que, en términos de percepción del consumidor, esta formulación resulta más atractiva. Esta diferencia pone de manifiesto que el tratamiento con mayor aceptación sensorial no coincide necesariamente con el que presenta el mejor perfil proteico y microbiológico, lo que se explica por la mayor humedad y elasticidad observadas en T3, cualidades que posibiliten la experiencia organoléptica.

En síntesis, el T1 responde a criterios de valor nutricional e inocuidad, mientras que T3 resalta por su aceptación sensorial, por ello, futuros estudios deberán enfocarse en optimizar formulaciones intermedias que integren la alta aceptación del T3 con el perfil proteico y la estabilidad microbiológica del T1. Se recomienda ampliar los análisis microbiológicos a los otros tratamientos, mejorar la precisión de las mediciones de textura, desarrollar estudios de vida útil y explorar ingredientes complementarios o ajustes en el procesamiento que permitan generar un nugget vegano con un equilibrio más contundentes entre nutrición, seguridad y preferencia del consumidor.

Contribución de Autoría CRediT

En el presente estudio, la conceptualización fue llevada a cabo por Nicole Cedeño y Miguel Santana quienes propusieron la idea del estudio y definieron los objetivos de la investigación. La metodología fue diseñada por Nicole Cedeño y Miguel Santana, quienes tomaron como referencia a autores como Salazar, quien estructuró el proceso de recolección de datos, Nicole Cedeño y Miguel Santana se encargaron de

implementar los modelos de análisis. La implementación del software estuvo a cargo de Nicole Cedeño y Miguel Santana, en conjunto con Pablo Gavilanes, quien es el tutor dentro de la elaboración del presente artículo, quienes desarrollaron los scripts necesarios para el análisis de datos y realizó pruebas de validación del código. Nicole Cedeño y Miguel Santana asumen la responsabilidad de la validación, asegurando la replicabilidad de los resultados mediante pruebas estadísticas. En cuanto al análisis formal, Nicole Cedeño y Miguel Santana aplicaron modelos matemáticos y análisis estadísticos a los datos obtenidos. La investigación fue desarrollada por Nicole Cedeño y Miguel Santana quienes realizaron el trabajo de campo y recopilaron las muestras biológicas. Nicole Cedeño y Miguel Santana también fueron responsables de gestionar los recursos, asegurando el acceso a laboratorios y equipos necesarios para el estudio. Nicole Cedeño y Miguel Santana se encargaron del procesamiento de datos, organizando, limpiando y documentando la información recopilada para su análisis y futura reutilización. La redacción del borrador original del manuscrito fue realizada por Nicole Cedeño y Miguel Santana, mientras que la revisión y edición del documento fue un esfuerzo conjunto entre Nicole Cedeño, Miguel Santana y Pablo Gavilanes quienes revisaron y corrigieron el manuscrito antes de su envío. En términos de liderazgo, Pablo Gavilanes asumió la supervisión del estudio, proporcionando orientación a los demás autores, además de coordinar el proyecto a través de la administración del mismo. Finalmente, Nicole Cedeño y Miguel Santana también fueron los responsables de la adquisición de fondos, gestionando los recursos financieros necesarios para la realización de la investigación.

Declaración de intereses contrapuestos

Los autores declaran que no tienen intereses financieros en conflicto ni relaciones personales conocidas que pudieran haber influido en el trabajo presentado en este artículo.

Declaratoria de uso de inteligencia artificial

Los autores declaran que se emplearon herramientas de inteligencia artificial generativa únicamente como apoyo en la mejora de la redacción académica, corrección gramatical y optimización del estilo del manuscrito. La generación de datos, análisis estadísticos, interpretación de resultados y elaboración de conclusiones científicas fueron realizados por los autores. Los autores asumen plena responsabilidad sobre la originalidad, contenido científico y las afirmaciones presentadas en este trabajo.

Disponibilidad de datos

Los conjuntos de datos generados y/o analizados durante el estudio actual están disponibles del autor correspondiente a solicitud razonable.

Agradecimientos y financiamiento

Este estudio no recibió ninguna subvención específica de ninguna agencia de financiación del sector público, comercial o sin fines de lucro. Los autores declaran que no recibieron financiación externa para la realización de este trabajo.

Referencias

- Alasi, S., Sanusi, M., Sunmonu, M., Odewole, M., y Adepoju, A. (2024). Exploring recent developments in novel technologies and AI integration for plant-based protein functionality: A review. *Journal of Agriculture and Food Research*, 15, 101036. <https://doi.org/10.1016/j.jafr.2024.101036>
- Astiasarán, I., Giura, L., y Ansorena, D. (2023). Aspectos funcionales, nutricionales, saludables y comerciales de proteínas vegetales como alternativa para análogos de productos cárnicos: Revisión. *Anales de la Real Academia Nacional de Farmacia*, (Extra 5), 543–554. https://analesranf.com/wp-content/uploads/2022/88_ex/88ex_20.pdf
- Ávalos, L., Mojica, L., y Urías, J. (2025). Composición y propiedades funcionales de proteínas de legumbres como alternativa para producir tofu. *Enfoques Transdisciplinarios: Ciencia y Sociedad*, 3(2), 43-68. <https://revistaenfoques.ciatej.mx/index.php/revistaenfoques/article/view/69>
- Bonaldo, F., Avot, B., De Cesare, A., Aarestrup, F., y Otani, S. (2024). The microbial contaminants of plant-based meat analogues from the retail market. *International Journal of Food Microbiology*, 425, 110869. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2024.110869>
- Bonaldo, F., Schimmangel, R., y De Cesare, A. (2025). Pathogen and spoilage microorganisms in meat and dairy analogues: Occurrence and control strategies. *Foods*, 14(10), 1819. <https://doi.org/10.3390/foods14101819>
- Boro, S., Kambhampati, V., Das, S., y Saikia, D. (2025). Edible mushrooms as meat analogues: A comprehensive review of nutritional, therapeutic, and market potential. *Food Research International*, 214, 116632. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2025.116632>
- Correa, P. (2024). Uso de los hongos comestibles *Agaricus bisporus* var. *brunnescens* y *Pleurotus ostreatus* var. *florida* en la elaboración de alternativas veganas a salchichas. [Tesis de pregrado, Universidad Técnica de Ambato]. <https://repositorio.uta.edu.ec/items/b2481c94-ed9-4780-9f01-18ab26fcd17b>

- Ferreirim, L. (2018). 10 datos preocupantes sobre los efectos del actual nivel de consumo de carne en nuestra salud. Greenpeace. <https://acortar.link/RuHBC7>
- Flores, L., y Suárez, M. (2022). Desarrollo de un bocadito a base de hongos y harina de origen vegetal como un alimento vegano y funcional. [Tesis de pregrado, Escuela Superior Politécnica del Litoral] <http://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/58318>
- Gómez, L., Benítez, E., Velásquez, A., y Jaramillo, F. (2021). Desarrollo de una carne de hamburguesa de pechuga de pollo con adición de fibra y reducción de grasa. *Perspectivas en Nutrición Humana*, 23(1), 1–17. http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0124-41082021000100015&script=sci_arttext
- Gräfenhahn, M., y Beyrer, M. (2024). Plant-Based Meat Analogues in the Human Diet: What Are the Hazards? *Foods*, 13(10), 1541. <https://doi.org/10.3390/foods13101541>
- Hai, D., Guo, B., Qiao, M., Jiang, H., Song, L., Meng, Z., y Huang, X. (2024). Evaluating the potential safety risk of plant-based meat analogues by analyzing microbial community composition. *Foods*, 13(1), 117. <https://doi.org/10.3390/foods13010117>
- Kyriakopoulou, K., Keppler, J., y van der Goot, A. (2021). Functionality of ingredients and additives in plant-based meat analogues. *Foods*, 10(4), 600. <https://doi.org/10.3390/foods10030600>
- Nambo, E., Márquez, L., y Yahuaca, B. (2023). Extrusión, una alternativa para diversificar el uso tradicional de la lenteja (*Lens culinaris* M.). *Milenaria, Ciencia y Arte* (22), 22-25. <https://doi.org/10.35830/mcya.vi22.409>
- Nielsen, S. S. (2007). *Análisis de los alimentos: Manual de laboratorio* (1.^a ed.). Acribia. https://www.editorialacribia.com/libro/analisis-de-los-alimentos-manual-de-laboratorio_54077/
- Perugachi Cerna, F. G. (2024). Uso del hongo comestible *Agaricus bisporus* var. *brunnescens* en la elaboración de una alternativa vegana tipo nugget [Tesis de pregrado, Universidad Técnica de Ambato]. <https://repositorio.uta.edu.ec/items/b2481c94-ed9-4780-9f01-18ab26fcd17b>
- Quintieri, L., Nitride, C., De Angelis, E., Lamonaca, A., Pilolli, R., Russo, F., Monaci, L. (2023). Alternative Protein Sources and Novel Foods: Benefits, Food Applications and Safety Issues. *Nutrients*, 1509. <https://doi.org/10.3390/nu15061509>
- Rahman, M., Kanokwan, J., Kanyarat, K., Supravee, K., Worranitcha, N., Lovedeep, K., Saroot, R. (2024). Mushroom-legume-based alternative chicken nuggets: Physico-chemical and sensory properties. *Food Chemistry Advances*, 5. <https://doi.org/10.1016/j.focha.2024.100777>

- Ramírez, M., Caudillo, C., y Cruz, G. (2022). Evaluación de los efectos fitotóxicos de partículas finas de óxido de cobre (ii) en lentejas. Jóvenes en la ciencia, 16, 1–7. <https://www.jovenesenlaciencia.ugto.mx/index.php/jovenesenlaciencia/article/view/3802>
- Robinson, B., Winans, K., Kendall, A., Dlott, J., y Dlott, F. (2018). A life cycle assessment of Agaricus bisporus mushroom. The International Journal of Life Cycle Assessment. <https://doi.org/10.1007/s11367-018-1456-6>
- Sha, L., y Xiong, Y. (2020). Plant protein-based alternatives of reconstructed meat: Science, technology, and challenges. Trends in Food Science & Technology, 102, 51–61. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0924224420304830>
- Trincão da Silva, V., Mateus, N., de Freitas, V., y Fernandes, A. (2024). Plant-based meat analogues: Exploring proteins, fibers and polyphenolic compounds as functional ingredients for future food solutions. Foods, 13(14), 2303. <https://doi.org/10.3390/foods13142303>
- Willis, C., Startin, C., Jorgensen, F., Sadler, L., Aird, H., Lai, S., y Amar, C. (2024). Microbiological quality of vegan alternatives to dairy and meat products in England during 2022–23. Journal of Applied Microbiology, 135(10). <https://doi.org/10.1093/jambio/lxae245>
- Xie, Y., Cai, L., Zhou, G., y Li, C. (2024). Comparison of nutritional profile between plant-based meat analogues and real meat: A review focusing on ingredients, nutrient contents, bioavailability, and health impacts. Food Research International, 187, 114460. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2024.1144>
- Zahari, I., Östbring, K., Purhagen, J., y Rayner, M. (2022). Plant-based meat analogues from alternative protein: A systematic literature review. Foods, 11(18), 2870. <https://doi.org/10.3390/foods11182870>