

Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano
Departamento de Agroindustria Alimentaria
Ingeniería en Agroindustria Alimentaria



Proyecto Especial de Graduación

**Propuesta de un análogo cárnico a base de proteína texturizada de
soya y harina de frijol biofortificado “Honduras Nutritivo”**

Estudiantes

Maryuri Alejandra Corrales Núñez
Raymond Eduardo Medal Chavarría

Asesores

Adriana Hernández, D.Sc.
Luis F. Maldonado, Ph.D.

Honduras, agosto 2022

Autoridades

TANYA MÜLLER GARCÍA

Rectora

ANA M. MAIER ACOSTA

Vicepresidenta y Decana Académica

ADELA M. ACOSTA MARCHETTI

Directora Departamento de Agroindustria Alimentaria

HUGO ZAVALA MEMBREÑO

Secretario General

Contenido

Índice de Cuadros.....	5
Índice de Figuras	6
Resumen	7
Abstract.....	8
Introducción.....	9
Materiales y Métodos	12
Ubicación	12
Materia Prima	12
Fases de la Investigación.....	12
Fase I: Formulación y Desarrollo de los Tratamientos del Análogo Cárnico a Base de Harina de Frijol Biofortificado y Proteína Texturizada de Soya.....	13
Fase II: Análisis Microbiológicos a la Harina de Frijol Biofortificado y Tratamientos del Análogo Cárnico	17
Análisis Microbiológicos a los Tratamientos del Análogo de Carne.	19
Fase III: Evaluación Sensorial de los Tratamientos del Análogo Cárnico a Base de Harina de Frijol Biofortificado y Proteína Texturizada de soya, e Identificación del Tratamiento Más Aceptado	20
Fase IV. Análisis Físicoquímicos del Análogo Cárnico a Base de Harina de Frijol Biofortificado y Proteína Texturizada de Soya	22
Resultados y Discusión.....	29
Fase II: Análisis Microbiológicos de la Harina de Frijol Biofortificado y Distintos Tratamientos de Análogo Cárnico	29
Fase III. Evaluación Sensorial del Análogo Cárnico a Base de Harina de Frijol Biofortificado y Proteína Texturizada de Soya, e Identificación del Tratamiento Más Aceptado	30
Apariencia	30

Color.....	31
Olor	31
Textura	33
Sabor	33
Aceptación General.....	34
Prueba de Basker	36
Fase VI: Análisis Físicoquímicos del Análogo Cárnico a Base de Harina de Frijol Biofortificado y Proteína Texturizada de Soya	36
Análisis Físicos.....	36
Análisis Químicos	39
Conclusiones	48
Recomendaciones.....	49
Referencias.....	50

Índice de Cuadros

Cuadro 1 Formulación de los diferentes tratamientos de análogo cárnico	15
Cuadro 2 Criterios microbiológicos para harinas y sémolas de la norma sanitaria de Perú	17
Cuadro 3 Criterios microbiológicos para productos a base de soya del Reglamento Técnico Centroamericano, RTCA 67.04.50:17	19
Cuadro 4 Criterios microbiológicos para productos a base de soya y otras legumbres	20
Cuadro 5 Tratamientos evaluados en la fase II: Análogos de carne a base de soya texturizada y harina de frijol biofortificado “Honduras Nutritivos”	21
Cuadro 6 Análisis sensorial de los atributos de apariencia, color y olor para los tres tratamientos y control del análogo cárnico a base de harina de frijol biofortificado y proteína de soya texturizada.	32
Cuadro 7 Análisis sensorial de los atributos de textura, sabor y aceptación general para los tres tratamientos y control del análogo cárnico a base de harina de frijol biofortificado y proteína de soya texturizada	35
Cuadro 8 Coeficiente de correlación de Pearson entre los atributos sensoriales y aceptación general de los tratamientos.	35
Cuadro 9 Resultados de la categoría de preferencia utilizando Prueba de Basker	36
Cuadro 10 Análisis de textura para los parámetros de dureza, firmeza y masticabilidad medido en Newtons (N) para tratamientos y control del análogo cárnico	38
Cuadro 11 Análisis de actividad de agua para los tres tratamientos y control del análogo cárnico a base de harina de frijol biofortificado y proteína de soya texturizada.....	39
Cuadro 12 Contenido de hierro del tratamiento 2	41
Cuadro 13 Resultados del análisis proximal completo del tratamiento con mayor preferencia.	45
Cuadro 14 Perfil de ácidos grasos del tratamiento mejor evaluado para gramos/100 gramos y porcentaje.....	47

Índice de Figuras

Figura 1 Flujo de proceso para la elaboración de harina de frijol.....	14
Figura 2 Flujo de proceso de la elaboración de la torta análoga de carne.	16

Resumen

Actualmente, los consumidores se encuentran en un proceso de transición donde reducen el consumo cárnico en su dieta y optan por dietas basadas en plantas como estrategia para afrontar desafíos de nutrición, sostenibilidad y bienestar animal, provocando transformaciones en la industria alimentaria para satisfacer dichos mercados emergentes. En esta investigación se desarrolló un análogo cárnico a base de proteína texturizada de soya (St) y harina de frijol biofortificado (Hf), teniendo como objetivos evaluar la aceptación sensorial de los consumidores, estimar parámetros de textura de los tratamientos y caracterizar sus propiedades químicas. El estudio se realizó en cuatro fases: I) Formulación y desarrollo de los tratamientos; II) Análisis microbiológicos de la harina de frijol biofortificado y tratamientos de análogo cárnico; III) Evaluación sensorial del análogo cárnico; IV) Evaluación fisicoquímica del análogo cárnico de mayor preferencia. Los resultados se analizaron a través de un ANDEVA y una separación de medias DUNCAN. Se realizó un análisis proximal completo, perfil de ácidos grasos y contenido de hierro al tratamiento de mayor preferencia, y un análisis de textura y actividad de agua para todos los tratamientos. El tratamiento con 80% St y 20% Hf fue el más aceptado por los panelistas, con 57.78% de humedad; 22.16% de grasa, 14.42% de proteína, 10.05% de fibra y 2.01% de cenizas. Este contiene 1.42 mg/100 g de hierro y en su mayoría ácidos grasos monoinsaturados (71.59%). Se recomienda realizar un perfil de aminoácidos para determinar la calidad de las proteínas del producto final.

Palabras clave: proteína alternativa, proteína vegetal, tendencias, sustitutos de carne.

Abstract

Currently, consumers are in a transition process where they reduce meat consumption in their diet and opt for plant-based diets as a strategy to face challenges in terms of nutrition, sustainability, and animal welfare. These trends cause transformations in the food industry to satisfy these emerging markets. In this research, a meat analog based on textured soy protein and biofortified bean flour was developed, with the objective of evaluating sensory acceptance by consumers, estimating texture parameters of treatments, and characterizing their chemical properties. The study was carried out in four phases: I) Formulation and development of treatments; II) Microbiological analysis of biofortified bean flour and meat analog treatments; III) Sensory evaluation of a meat analog based on textured soy protein (St) and biofortified bean flour (Hf); IV) Physicochemical evaluation of the most preferred meat analog. The results were analyzed through ANOVA and DUNCAN means separation. A proximate analysis, fatty acid profile, and iron content were conducted to the most accepted treatment, and an analysis of texture and water activity was performed for all treatments. The treatment with 80% St and 20% Hf was the most accepted by the panelists, with 57.78% moisture content; 22.16% fat, 14.42% protein, 10.05% fiber, and 2.01% ash. It contains 1.42 mg/100 g of iron and mainly monounsaturated fatty acids (71.59%). It is recommended to carry out an amino acid profile in order to determine the quality of the proteins of the final product.

Keywords: alternative protein, meat substitutes, tendencies, vegetable protein.

Introducción

El consumo de carne por parte de los seres humanos data desde hace cuatro millones de años aproximadamente, como lo demuestran evidencias de dominios fisiológicos y paleo-antropológicos (Mann 2018). Desde sus inicios hasta el día de hoy, este consumo es relevante y se espera una tendencia de expansión, con un crecimiento para 2029 del 12% (FAO y OCDE 2020). Desde una perspectiva global, el consumo aumenta debido al alza en el poder adquisitivo de la población teniendo una estrecha relación con la abundancia y riqueza, afinidad en cuanto a su sabor, valor nutricional e importancia que representa en la cultura de la mayoría de los países (Boler y Woerner 2017).

Un consumo elevado de carnes rojas (procesadas o sin procesar) se asocia con un mayor riesgo de mortalidad prematura y mortalidad específica (cáncer, enfermedades cardiovasculares, enfermedades respiratorias, enfermedad renal, diabetes mellitus tipo 2 e infecciones) (Etemadi et al. 2017; Petermann et al. 2018). En cuanto al impacto ambiental, la producción de cárnicos esta asociada con una serie de prácticas confederadas que causan el cambio climático, degradación del suelo, tierra y agua, y la pérdida de la biodiversidad (Steinfeld et al. 2009).

Por lo tanto, los consumidores se encuentran en un proceso de transición en donde reducen su consumo cárnico y optan por dietas basadas en plantas como característica clave para afrontar importantes desafíos de salud, nutrición, sostenibilidad y bienestar animal (Graca et al. 2019). El neologismo “flexitariano” se utiliza para aquellos consumidores que siguen primariamente, pero no estrictamente, las dietas vegetarianas. Estos reconocen a la carne como una fuente de micro y macronutrientes, pero toman en consideración sus criterios éticos en cuanto a la decisión de consumo cárnico e integración de proteínas vegetales (Derbyshire 2017). Las dietas vegetarianas, son aquellas que evitan el consumo de carne, productos cárnicos y pescado; las dietas veganas se abstienen del consumo de cualquier producto de origen animal (Papier et al. 2019). El mercado de productos catalogados como vegetarianos o veganos ha tenido un aumento continuo entre los años 2015 y 2020,

con ventas en Estados Unidos de dos mil millones de dólares en el año 2017, con un crecimiento del 23% en comparación al año anterior (Statista Research Department 2020). Cerca del 20% de la población de los principales mercados mundiales ha declarado no consumir o disminuir su consumo de carne e integrar alimentos de origen vegetal en su dieta (Euromonitor Internacional 2019).

La presencia de estos consumidores en el mercado es un fenómeno importante considerando la relevancia económica, ética y ambiental que aportan a la sociedad (Dagevos 2014). Por lo cual, la industria alimentaria debe de proveer productos alternativos a la carne (sustitutos, análogos o imitación) que cuenten con el perfil nutricional similar que se ajuste a las necesidades nutricionales del consumidor y atienda la tendencia de convivencia sostenible con el medioambiente y bienestar animal requerida por el mismo (De Marchi et al. 2021).

El análogo o sustituto de carne existe desde hace muchos años para los mercados Halal y Kosher. Sin embargo, el uso de proteína vegetal ha ganado mayor interés en la última década. Un análogo cárnico de origen vegetal contiene, además de proteína texturizada o no texturizada, agua, saborizantes, grasa o aceites, colorantes y aglutinantes (Kyriakopoulou et al. 2021). En otros casos se trabaja con hongos o altramuces como ingredientes proteicos base para la elaboración de estos sustitutos de la carne (Santo et al. 2020).

Actualmente, la industria se ha centrado en el desarrollo de análogos tipo salchichas, carne picada y hamburguesas, en esta última la industria tiene como objetivo recrear su masticadura, masticabilidad y firmeza; algunas de las empresas que han logrado desarrollar con éxito este tipo productos son: Beyond Meat e Impossible Food (Ismail et al. 2020; Kyriakopoulou et al. 2021). Mediante investigación se ha avanzado en el desarrollo de sustitutos cárnicos a base de proteína vegetal con diferentes ingredientes y diferentes técnicas de elaboración, no obstante, aún siguen existiendo desafíos sustanciales para lograr la textura, apariencia y contenido correctos de nutrientes, por lo que se necesita seguir trabajando en parámetros de procesamiento y composición (Mohamad et al. 2020).

La industria alimentaria comenzó a incorporar proteína vegetal en la formulación de nuevos productos con el fin de suplir dicho requerimiento nutricional a un menor costo. El uso de la soya se introdujo en países pertenecientes a América Latina, donde predomina la desnutrición en los niños como resultado del limitado acceso a fuentes de proteína animal (Torres y Torres y Tovar Palacios 2009). El consumo de soya es una buena opción ya que contiene ocho aminoácidos esenciales, donde destacan la leucina y lisina por su alto contenido, sin embargo carece la presencia de triptofano. La soya, es la fuente más abundante de proteína vegetal (alrededor del 40%), posee una óptima relación calcio-fósforo y buen contenido de factores que componen el complejo B (Tiamina, Niacina y Riboflavina) (Valencia Ramírez y Garzón Albarracín 2004; Luna Jiménez 2006).

En cuanto al frijol, el valor nutricional del grano dependerá principalmente de la variedad con la que se esté trabajando, un estudio realizado por Granito M et al. (2008), evaluó diferentes variedades de frijol los cuales presentaron resultados entre 29 - 33% de proteína, 3 - 7% de grasa y 4 - 5% de cenizas. Existen variedades que han sido biofortificadas con el propósito de abordar las necesidades generalizadas en la población, un ejemplo de ello, el cual se tomará en consideración en este estudio, es la variedad "Honduras Nutritivo", grano rojo pequeño que tiene un mayor valor nutricional debido a que aporta alto contenido de Hierro y Zinc en comparación con otras variedades tradicionales (Rosas et al. 2016).

Con el desarrollo de este producto, un análogo cárnico a base de soya texturizada y frijol biofortificado "Honduras Nutritivo", se busca satisfacer los mercados emergentes, donde se exigen productos de alta calidad nutricional y características sensoriales semejantes a los productos de origen animal. Debido a esto, los objetivos del presente estudio fueron:

Evaluar la aceptación sensorial de los tratamientos por parte del consumidor, estimar los parámetros de textura de los diferentes tratamientos y caracterizar las propiedades químicas del tratamiento mejor evaluado por los consumidores.

Materiales y Métodos

Ubicación

El estudio se llevó a cabo en la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano (EAP), ubicada a 30 km de Tegucigalpa, carretera a Danlí, Valle del Yeguaré, San Antonio de Oriente, Departamento de Francisco Morazán, República de Honduras. La harina de frijol biofortificado y los respectivos tratamientos del análogo cárnico fueron elaborados en la Planta de Innovación de Alimentos (PIA), el análisis sensorial se llevó a cabo en el Laboratorio de análisis sensorial de Zamorano, los análisis microbiológicos se realizaron en el Laboratorio de Microbiología de Alimentos de Zamorano (LMAZ) y por último, los análisis físicos y químicos se desarrollaron en el Laboratorio de Análisis de Alimentos Zamorano (LAAZ).

Materia Prima

Para la elaboración de los tratamientos se utilizó como materia prima soya texturizada de la marca Protemás, harina de frijol biofortificado “Honduras Nutritivo”, aceite de oliva marca Carbonell, aceite de canola marca Essencial Everyday, levadura nutricional (fuente de vitamina B) marca Bobs Red Mill, almidón de papa marca Bobs Red Mill, sazón completa marca Badia, paprika marca La Buena Cocina, sal marca Goya y humo en polvo. Para el tratamiento control se utilizó un análogo cárnico comercial de la marca Beyond Meat.

Fases de la Investigación

Fase I: Formulación y desarrollo de los tratamientos del análogo cárnico a base de harina de frijol biofortificado y proteína texturizada de soya. Fase II: Análisis microbiológicos de la harina de frijol biofortificado y distintos tratamientos de análogo cárnico. Fase III: Evaluación sensorial de los tratamientos del análogo cárnico a base de harina de frijol biofortificado y proteína texturizada de soya, e identificación del tratamiento más aceptado. Fase IV: Análisis fisicoquímicos del análogo cárnico mejor valorado a base de proteína texturizada de soya y harina de frijol biofortificado.

Fase I: Formulación y Desarrollo de los Tratamientos del Análogo Cárnico a Base de Harina de Frijol Biofortificado y Proteína Texturizada de Soya

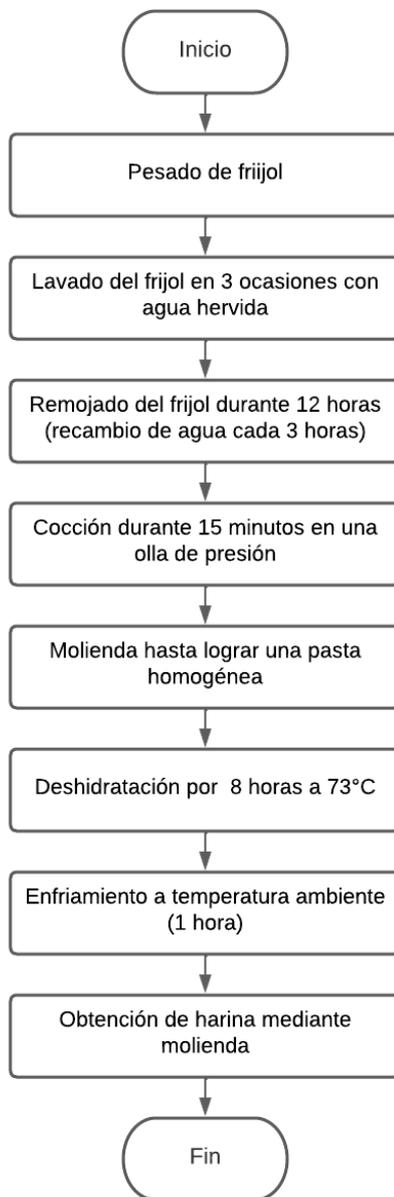
En la fase I del estudio se formularon y elaboraron los distintos tratamientos a base de proteína texturizada de soya y harina de frijol biofortificado, con sustitución de estos en tres niveles porcentuales (70:30, 80:20 y 90:10%).

Elaboración de Harina de Frijol Biofortificado.

Se elaboró siguiendo los lineamientos establecidos por Arias (2002). con algunas variaciones. Los frijoles fueron pesados y luego lavados, durante tres ciclos, con agua hervida para asegurar la limpieza de la materia prima. Seguidamente, se remojaron en agua por un periodo de 12 horas, con cambios de agua cada tres horas. Los frijoles fueron cocidos durante 15 minutos con la ayuda de una olla de presión Instant Pot® Duo Nova 100. Una vez se realizó la cocción de los frijoles, se procedió a molerlos con el procesador de alimentos Hobart modelo FP41, hasta conseguir una pasta homogénea. Inmediatamente, la pasta fue deshidratada por ocho horas a 73 °C, una vez pasado el tiempo especificado se dejaron enfriar las bandejas con las láminas de pasta deshidratada a temperatura ambiente por una hora. Posteriormente, el producto deshidratado paso a ser molido con una batidora de mano para obtener la harina de frijol final. En la figura 1 se observa el flujo de proceso para la elaboración de la harina de frijol biofortificado.

Figura 1

Flujo de proceso para la elaboración de harina de frijol.



Nota. Adaptado de Arias (2002).

Elaboración de Tratamientos de Análogo de Carne.

Se recibió la materia prima y se pesó cada uno los ingredientes para obtener una masa de 100 g en total, el cual es el peso final de la torta. En cuanto al análisis sensorial se realizó una presentación especial de tortas de 15 g. Los ingredientes base: soya texturizada y harina de frijol biofortificado, variaron según el tratamiento, existiendo así tres relaciones diferentes de porcentajes estimados (70:30, 80:20, 90:10%), para los cuales las cantidades empleadas fueron (54:6, 48:12 y 42:18 g) respectivamente. Posteriormente, se adicionó aislado de proteína de soya, levadura nutricional, almidón de papa, aceite de oliva, aceite de canola, paprika, condimento "sazón completa", sal, humo y agua, en ese orden respectivamente. Las cantidades adicionadas se observan en el Cuadro 1.

Cuadro 1

Formulación de los diferentes tratamientos de análogo cárnico.

Ingredientes	Tratamiento 1 St90%: Hf10%	Tratamiento 2 St80%: Hf20%	Tratamiento 3 St70%: Hf30%
Soya texturizada	54	48	42
Harina de frijol	6	12	18
Agua	29	29	29
Aislado de proteína	2	2	2
Aceite de oliva	2	2	2
Aceite de canola	2	2	2
Levadura nutricional	1.47	1.47	1.47
Almidón de papa	1.03	1.03	1.03
Sazón completa	0.44	0.44	0.44
Paprika	0.59	0.59	0.59
Sal	0.44	0.44	0.44
Humo	1.03	1.03	1.03
Total	100%	100%	100%

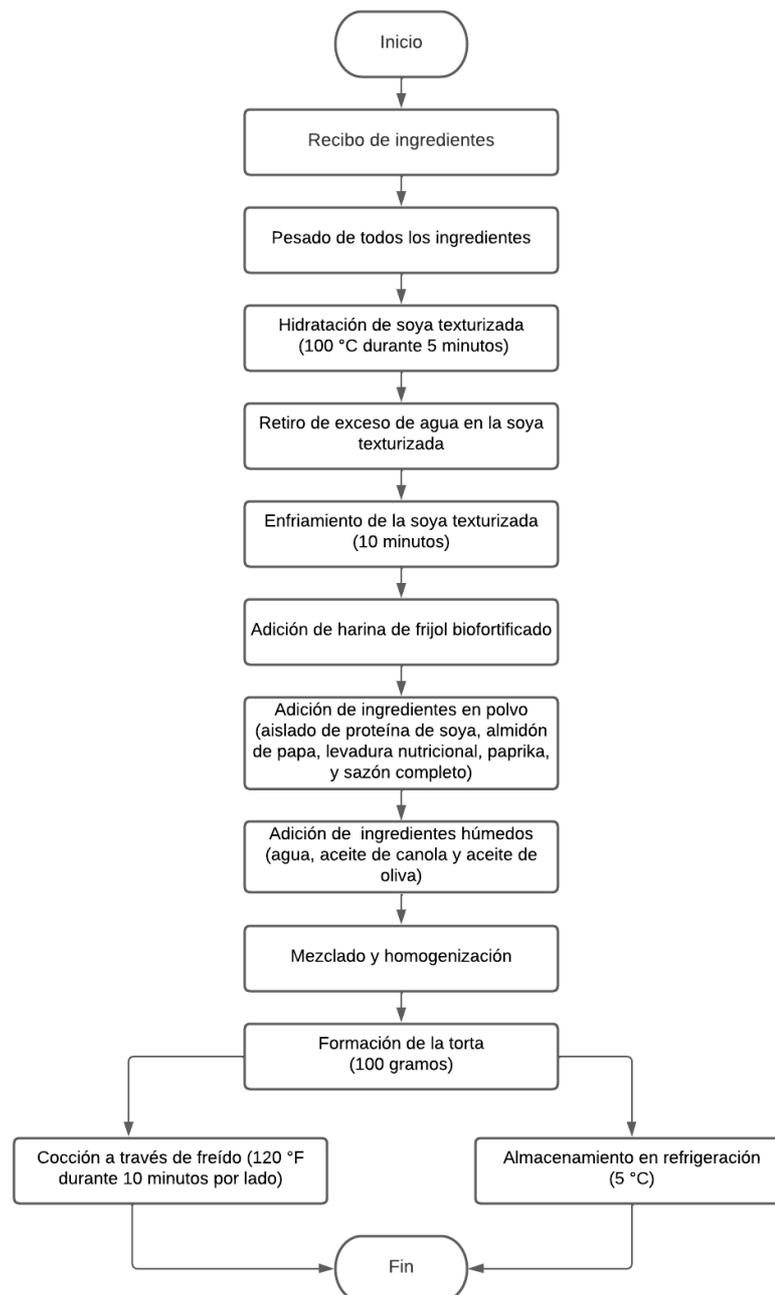
Nota. St: Soya texturizada, Hf: Harina de frijol.

Se inició con la hidratación de la soya texturizada mediante cocción a 100 °C durante cinco minutos y se procedió a retirar el exceso de agua para enfriar la soya texturizada hidratada durante 10 minutos. Luego, se adicionaron el resto de los ingredientes de la formulación. Seguidamente, se homogenizó la mezcla hasta obtener una masa uniforme con todos los ingredientes apropiadamente integrados. Se formaron tortas de 15 gramos aproximadamente. Una vez formadas las tortas se realizó

la cocción de estas a través en una sartén antiadherente por 10 minutos cada lado a una temperatura aproximada de 120 °C, tal como se muestra en la figura 2.

Figura 2

Flujo de proceso de la elaboración de la torta análoga de carne.



Fase II: Análisis Microbiológicos a la Harina de Frijol Biofortificado y Tratamientos del Análogo

Cárnico

Análisis Microbiológicos a la Harina de Frijol Biofortificado.

Se realizaron análisis microbiológicos a la harina de frijol biofortificado para asegurar que se encontraba libre de microorganismos y era apta para consumo humano. Estos análisis se elaboraron en base a lo establecido por la norma sanitaria que establece los criterios microbiológicos de calidad sanitaria e inocuidad para los alimentos y bebidas de consumo humano del Ministerio de Salud del Perú (2008), los cuales fueron aprobados por el Laboratorio de Microbiología de Alimentos de Zamorano (LMAZ). Esta norma establece los parámetros referentes a recuentos de *Salmonella* spp, hongos y levaduras, tal como se presenta en el Cuadro 2. Además, según recomendación de la guía de desarrollo y uso de criterios microbiológicos para alimentos estipulada por (Stannard y Institute of Food Science & Technology Today 1997) se realizaron pruebas de enterobacterias como método de verificación de inocuidad.

Cuadro 2

Criterios microbiológicos para harinas y sémolas de la norma sanitaria de Perú.

Parámetro	Categoría	Clase	n	c	Límites por g	
					m	M
<i>Salmonella</i> spp	10	2	5	0	Ausencia/ 25 g	-----
Hongos y levaduras	5	3	5	2	10 UFC	10 ² UFC

Nota. UFC: Unidad Formadora de Colonias, g: gramos n: Número de unidades que componen la muestra a analizar, c: Número máximo de unidades de muestra que puede contener un número de microorganismos comprendido entre "m" y "M" para que el alimento sea de nivel aceptable de calidad, m: Límite microbiológico máximo permisible para identificar nivel de buena calidad. M: Los valores de recuentos microbianos superiores a "M" son inaceptables, el alimento representa un riesgo para la salud.

Métodos para Análisis Microbiológicos.

Se utilizó la metodología establecida por el Laboratorio de Microbiología de Alimentos de Zamorano (LMAZ). A continuación, se detallan los análisis que se realizaron a la harina de frijol biofortificado.

***Salmonella* spp.** Se pesaron 25 g de harina de frijol biofortificado en una bolsa estéril. Se le agregaron 225 mL de agua peptonada buferada, se homogenizó la muestra por un minuto en el Stomacher y se dejó reposar por una hora a temperatura ambiente. Consecutivamente, se incubó a 35 °C por 24 horas. Al pasar ese periodo, se tomaron 0.1 mL de la muestra y se inoculó en un tubo de ensayo con 10 mL de caldo Rapaport Vasiliadis y se incubó a 42 °C por 24 horas. Paralelamente, se tomó 1 mL de la muestra homogenizada y se colocó en un tubo con 10 mL de caldo tetrionato, el cual se incubó a 35 °C por 24 horas. Una vez transcurrido este tiempo, utilizando la técnica de Frobisher se inocularon con un asa microbiológica las muestras incubadas en los caldos en platos Petri que contenían 15 mL de agar Xilosa Lisina Desoxicolato (XLD), agar sulfito bismuto y agar entérico hektoen. Esta técnica se aplicó por triplicado. A continuación, fueron incubados por 24 horas a 35 °C. Luego, se revisaron los platos para seleccionar las colonias más típicas y atípicas de *Salmonella* spp. Se seleccionaron cuatro platos de agar XLD y seis platos de agar entérico hektoen con presencia típica y atípica de *Salmonella* spp. para realizar pruebas bioquímicas. Estas se realizaron en tres medios de cultivo (TSI, LIA y urea) donde se observaron distintitos elementos que permitieron determinar la presencia o ausencia de *Salmonella* spp. A través de TSI (agar hierro-triple azúcar) se evaluó el contenido de glucosa, lactosa, gas y ácido sulfhídrico. Por medio de LIA (Lisina Hierro Agar) se valoró presencia de gas, lisina y ácido sulfhídrico y por medio de urea, se evaluó el contenido de esta.

Enterobacterias. Se realizó por la técnica de vaciado en placa. Se tomó una muestra representativa de 10 g a la cual se le agregó 90 mL de buffer de fosfato, y se colocó en un homogenizador Stomacher® por un minuto. Luego se hicieron diluciones seriadas hasta 10^{-3} , usando tubos de ensayo con 9 mL de buffer de fosfato. Se inoculó 1 mL de cada dilución en platos Petri. Inmediatamente, se agregaron 15 mL de Agar Bilis Rojo Violeta con glucosa en cada plato Petri, y se homogenizó realizando movimientos circulares suaves en dirección hacia y en contra de las manecillas del reloj en una superficie plana. Se esperó un tiempo prudencial de tres a cinco minutos para que el agar se solidificara. Luego, se agregó una segunda capa de 5ml del mismo agar, los platos se dejaron

en reposo a temperatura ambiente para su solidificación y finalmente se incubaron a 35 °C por 24 h. Se realizaron tres repeticiones.

Hongos y Levaduras. Para este análisis se siguió el mismo procedimiento que para Enterobacterias, con la variante de que se utilizó Agar Rosa de Bengala, sólo se agregó una capa de agar de 15 mL y el tiempo de incubación fue de cinco días a 25 °C. Se aplicó la técnica por triplicado.

Análisis Microbiológicos a los Tratamientos del Análogo de Carne.

Los tratamientos del análogo cárnico se sometieron a conteos microbiológicos de *E. coli*, coliformes totales y bacterias mesófilas aerobias. El análisis de *E. coli* y coliformes totales se rigió según el Reglamento Técnico Centroamericano: Criterios microbiológicos para la inocuidad de los alimentos, de acuerdo con la sección de frutas y vegetales en el subgrupo de alimento productos a base de soya, estipulado en el Cuadro 2 (MINECO et al. 2018). En cuanto al análisis de mesófilos aerobios se dispuso según el Ministerio de Salud y Protección Social (2020), en su resolución de criterios microbiológicos que deben cumplir los alimentos y bebidas para consumo humano, en la sección de frutas, bulbos, hortalizas y sus derivados en el subgrupo de productos a base de soya, otras legumbres o leguminosas y/o cereales, como se presenta en el Cuadro 3.

Cuadro 3

Criterios microbiológicos para productos a base de soya del Reglamento Técnico Centroamericano.

RTCA 67.04.50:17.

Productos a base de soya (ejemplos: preformados y proteína de soya).			
Parámetro	Categoría	Tipo de alimento	Límite permitido
<i>Escherichia coli</i>	N/A	C	< 3 NMP/g < 10 UFC/g

Nota. UFC: Unidad Formadora de Colonias. NMP: Número Más Probable. G: gramos. N/A: No Aplica. C: Alimento de riesgo tipo C, comprende los alimentos que por su naturaleza, composición, proceso, manipulación y población a la que va dirigida, tienen una baja probabilidad de causar daño a la salud.

Cuadro 4

Criterios microbiológicos para productos a base de soya y otras legumbres.

Productos a base de soya, otras legumbres o leguminosas y/o cereales				
Parámetro	Muestreo clase	n	C	m
Aerobios mesófilos	3	5	2	10 ⁴ UFC/g

Nota. UFC: Unidad Formadora de Colonias, g: gramos, n: Número de unidades que componen la muestra a analizar, C: Número máximo de unidades de muestra que puede contener un número de microorganismos comprendido entre "m" y "M" para que el alimento sea de nivel aceptable de calidad, m: Límite microbiológico máximo permisible para identificar nivel de buena calidad. M: Los valores de recuentos microbianos superiores a "M" son inaceptables, el alimento representa un riesgo para la salud.

A continuación, se especifican los análisis realizados a los tratamientos del análogo cárnico:

E. coli. y Coliformes Totales. Para este análisis se siguió el mismo procedimiento que para Enterobacterias, con la variante de que se utilizó Agar Bilis Rojo Violeta con lactosa para la primera capa de 15 mL y Agar Bilis Rojo Violeta con MUG como segunda capa de 5 mL. El tiempo de incubación fue de 5 días a 25 °C. Se aplicó la técnica por triplicado.

Bacterias Mesófilas Aerobias. Se siguió el mismo procedimiento descrito para Enterobacterias. Para este análisis se utilizó Agar Cuenta Estándar (ACE) y sólo se agregó una capa de 15 mL a cada plato Petri. Se empleó un tiempo de incubación de 48 horas a 35 °C. Se aplicó la técnica al triplicado.

Fase III: Evaluación Sensorial de los Tratamientos del Análogo Cárnico a Base de Harina de Frijol

Biofortificado y Proteína Texturizada de soya, e Identificación del Tratamiento Más Aceptado

Análisis Sensorial.

Se realizó una evaluación sensorial afectiva con una prueba de aceptación para evaluar el nivel de agrado o desagrado del producto, en el cual, se contó con el apoyo de 35 panelistas no entrenados en cada repetición para ser un total de 105. Se aplicó una escala hedónica de 9 puntos donde 1: Significa me disgusta muchísimo, 2: Me disgusta bastante, 3: Me disgusta, 4: Me disgusta poco, 5: No me gusta ni me disgusta, 6: Me gusta poco, 7: Me gusta, 8: Me gusta bastante y 9: Me gusta muchísimo. Esto con el fin de evaluar los atributos de apariencia, color, sabor, textura, sabor y aceptación general de las muestras. Además, se aplicó una prueba de preferencia donde se les pidió

a los panelistas que clasificaran las muestras en un orden de 1 – 4, donde 1 es la muestra con mayor preferencia y la 4, la menos preferida por el panelista. Esta última prueba se aplicó simultáneamente en la hoja de evaluación del análisis sensorial y los resultados obtenidos se analizaron utilizando un aprueba de Basker y Kramer.

Diseño Experimental.

Se empleó un diseño de Bloques Completos al Azar (BCA) evaluando tres tratamientos y un control, se realizaron tres repeticiones de cada una obteniendo un total de 12 unidades experimentales para el análisis sensorial. Los tratamientos por evaluar en esta fase se describen en el Cuadro 5.

Cuadro 5

Tratamientos evaluados en la fase II: Análogos de carne a base de soya texturizada y harina de frijol biofortificado "Honduras Nutritivos".

Ingredientes (%)	Tratamientos			
	T1	T2	T3	Control
Soya texturizada	90	80	70	-
Harina de frijol biofortificado	10	20	30	-
Total	100	100	100	-

Nota. Control: Análogo cárnico comercial marca "Beyond Meat", hecho a base de proteína de guisante. T1: Análogo cárnico hecho a base de 90% soya texturizada y 10% harina de frijol biofortificado. T2: Análogo cárnico hecho a base de 80% soya texturizada y 20% harina de frijol biofortificado. T3: Análogo cárnico hecho a base de 70% soya texturizada y 30% harina de frijol biofortificado.

Análisis Estadístico.

Los datos obtenidos se analizaron en el programa SAS® (Statistical Analysis System, por sus siglas en inglés), Versión 9.4, a través de un análisis de varianza (ANDEVA) y una separación de medias DUNCAN con el fin de determinar el tratamiento con los mejores resultados de la evaluación sensorial, con un nivel de confianza del 95%. Además, se realizó un análisis de correlación para determinar si existía relación entre los atributos evaluados con la aceptación general de los panelistas.

Fase IV. Análisis Físicoquímicos del Análogo Cárnico a Base de Harina de Frijol Biofortificado y Proteína Texturizada de Soya

Análisis Físicos.

Se realizó un análisis de Perfil de Textura (APT) a todos los tratamientos por triplicado, incluyendo el tratamiento control.

Textura. Se realizó un APT con el Texturómetro Brookfield CT3 4500, a todos los tratamientos para conocer dureza, firmeza y masticabilidad de las muestras. Se utilizaron muestras de 15 g cada una, con un promedio de 40 mm de largo, 37 mm de ancho, y 10 mm de profundidad. La forma de la muestra usada fue bloque, con una carga de activación de 0.067 N, objetivo de 4.0 mm, velocidad de 2 mm/s, sonda TA25/1000 y mesa base estándar o elemento TA-BT-KIT. El procedimiento consistió en colocar la muestra en la mesa base, a la cual previamente se le tomó sus dimensiones para ingresarse en el programa, se aseguró que los demás parámetros se mantuvieran para iniciar test después de cada muestra. Por último, se guardó el informe y gráfica de cada muestra analizada.

Análisis Químicos.

Se realizó un análisis proximal completo al tratamiento con mayor aceptación para evaluar el contenido de proteína cruda, fibra dietética, grasa cruda, cenizas y humedad; adicionalmente se determinó su perfil de ácidos grasos y se cuantificó su contenido de hierro. Por otro lado, a todos los tratamientos incluyendo al control, se les midió la actividad de agua (a_w).

Actividad de Agua. Para la medición de actividad de agua de todos los tratamientos se utilizaron muestras de 2 g por triplicado, usando el Aqua Lab 3TE 0101875, por el método AOAC 978.18. Para analizar las muestras, se colocaron en el compartimiento del equipo, el cual fue previamente calibrado. Se anotó el valor de actividad de agua brindado por Aqua Lab.

Análisis Proximal Completo.

Humedad. Se determinó la humedad del tratamiento con mayor aceptación mediante el método AOAC 950.46, se realizó por duplicado. El proceso de obtención de humedad inició

sometiendo los crisoles de porcelana a 102 °C durante toda la noche en el horno, al salir pasaron a enfriamiento dentro de un desecador por una hora. Transcurrido el tiempo especificado, se pesó 3 g de cada muestra y se registró el peso del crisol más la muestra, seguidamente los crisoles fueron puestos en el horno por convección a 102 °C por 18 horas. Por último, los crisoles al salir del horno se enfriaron en un desecador por 30 minutos y se pesaron nuevamente para conocer la diferencia. Para obtener el % de humedad de las muestras, se utilizó la Ecuación 1:

$$\%H = \frac{(C + MH) - (C + MS) * 100}{(MH)} \quad [1]$$

Donde:

%H= porcentaje de humedad total.

C= Peso del crisol

MH= Peso de la muestra húmeda

MS= Peso de la muestra seca

Cenizas. Para la determinación de la cantidad de cenizas se siguió el método oficial AOAC 923.03. Se utilizaron las mismas muestras resultantes del análisis de humedad. Consecutivamente, fueron colocadas en un incinerador (SYBRON Thermolyne) a 550 °C por 5 horas hasta obtener un color gris claro característico de las cenizas. Finalmente, se retiraron las muestras del incinerador y se dejaron secar por una hora en un desecador hasta alcanzar temperatura ambiente del cuarto, para registrar los pesos finales. Para el cálculo de porcentaje cenizas totales se utilizó la Ecuación 2

$$CZ (\%) = (CZ) (MH) X 100 \quad [2]$$

Donde:

CZ (%) = Porcentaje de cenizas totales

CZ= Peso de cenizas

MH= Peso de materia húmeda

Proteína Cruda. Se determinó el porcentaje de proteína al tratamiento con mayor aceptación mediante el método AOAC 2001.11. Para este caso, el análisis se hizo por el método Kjeldahl, el cual cuantifica el contenido de nitrógeno tanto en muestras orgánicas como inorgánicas. El método Kjeldahl consta de tres etapas: digestión, destilación y titulación. Para iniciar con la digestión, se pesó 1 g de muestra por duplicado sobre papel parafina, las muestras fueron envueltas en el mismo papel y se colocaron dentro de los tubos Kjeltec, adicionalmente se le agregaron dos tabletas catalizadoras Kjeltabs® y 12 mL de ácido sulfúrico (H₂SO₄). Seguidamente se colocaron los tubos ya listos en el digestor FOSS Tecator 20®, el cual fue encendido previamente y puesto a una temperatura de 420 °C, las muestras permanecieron 60 minutos en el digestor y 30 minutos fuera de él para su enfriamiento. Para la segunda etapa, destilación, se utilizaron 30 mL de solución de hidróxido de sodio (NaOH) al 40% en 50 mL de una solución receptora de ácido bórico (B(OH)₃) al 4% p/v como indicador, se utilizó un destilador FOSS Kjeltec 8100®. El proceso de destilación tardó 5 minutos por muestra. Por último, para la titulación, se utilizó ácido clorhídrico (HCl) al 0.1 M, este fue agregado a las muestras destiladas hasta tornar su color de un verde a un rosa pálido y así identificar el volumen del ácido clorhídrico gastado. Para conocer el % de nitrógeno orgánico y % de proteína cruda de las muestras se utilizaron las Ecuaciones 3 y 4:

$$\%N = \frac{NHCl * (\text{Vol. ácido usado} - \text{Vol. blanco})(\text{mL})}{\text{g de muestra}} * \frac{14 \text{ g}}{1000} * 100 \quad [3]$$

$$\% \text{ Proteína} = \%N * 6.25 \quad [4]$$

Donde:

%N= Nitrógeno orgánico

N= Normalidad del ácido clorhídrico (HCl)

Grasa Cruda. Para la extracción de grasa del tratamiento con mayor aceptación se utilizó el método AOAC 2003.06., este se realizó por duplicado. Antes de iniciar con el procedimiento de

obtención de grasa, las muestras fueron preparadas de acuerdo con el método AOAC 950.02. Para iniciar se pesó 2 g de celite 545 en cada dedal a los que posteriormente se le agregaron 3 g de muestra, los dedales junto con las muestras fueron sometidos a 102 °C durante una hora. Transcurrido el tiempo especificado, se colocó algodón desgrasado sobre las muestras con el fin de evitar cualquier tipo de pérdida. Los dedales se colocaron en las tazas de extracción, las cuales previamente fueron secadas y pesadas, y se agregó 80 mL de hexano en cada una de ellas, estas fueron colocadas en el equipo de extracción Soxtec™ 2050. El proceso de extracción duró 110 minutos, dividiéndose en la etapa de ebullición, enjuague y recuperación de solvente. Al finalizar el proceso de extracción, las tazas fueron colocadas en el horno a 102 °C por 30 minutos para remover la humedad, luego se colocaron en el desecador hasta enfriar. Por último, las tazas fueron pesadas para conocer el peso final con la grasa extraída. Para conocer el porcentaje de grasa cruda se utilizó la Ecuación 5:

$$G(\%) = \frac{TM - TG}{PM} \times (100) \quad [5]$$

Donde:

G (%) = Porcentaje total de grasa

TM= Peso de la tasa con muestra

TG= Peso de la tasa con grasa

PM= Peso de la muestra

Extracto Libre de Nitrógeno. Se calculó el contenido de extracto libre de nitrógeno del tratamiento mayor aceptado por los consumidores por diferencia, tomando en cuenta el porcentaje de humedad, cenizas, proteína y grasa cruda presentes en la muestra, los cuales fueron obtenidos previamente. Para conocer el valor de extracto libre de nitrógeno se utilizó la Ecuación 6:

$$\%ELN = 100 - (\%H + \%CZ + \%PC + \%GC + \%FD) \quad [6]$$

Donde:

%ELN: Porcentaje de extracto libre de nitrógeno, carbohidratos digeribles

%H= Porcentaje de humedad

%CZ= Porcentaje de cenizas

%PC= Porcentaje de proteína cruda

%GC= Porcentaje de grasa cruda

%FD= Porcentaje de fibra dietética

Perfil de Ácidos Grasos. Se realizó un perfil de ácidos grasos al tratamiento con mayor aceptación por parte de los consumidores. Este análisis consta de tres etapas: extracción de grasa cruda mediante el método AOAC 2003.06 (como se describió anteriormente en el apartado “grasa cruda”), preparación de metil ésteres de ácidos grasos e inyección de ácidos grasos. La segunda etapa, preparación de metil ésteres de ácidos grasos, se realizó mediante el método de AOCS Ce 2-66. Inició con la extracción de la grasa de las tasas de extracción la cual fue diluida en 1 mL de isooctano y fue trasladada a un tubo de ensayo donde se agregó 0.5 mL de hidróxido de potasio metanólico 2M (KOH). Los tubos fueron tapados y colocados en un vortex durante ocho minutos para una agitación homogénea, transcurrido el tiempo reposaron 10 minutos para una separación de fases. Mediante una pipeta electrónica se transfirió 0.3 mL de la capa superficial (isooctano) a un nuevo tubo de ensayo, a este se le agregó nuevamente 4 mL de isooctano y 1 g de Sulfato de Sodio. Para finalizar, la nueva solución fue sometida a una homogenización en el vortex durante ocho minutos y 10 minutos de reposo, se tomó 1 mL de la fase de isooctano y se colocó en un vial. Este proceso se realizó por duplicado.

La tercera y última etapa, inyección de ácidos grasos, se realizó mediante el método oficial AOCS Ce 1j-07. Cada vial conteniendo 1 μ L de la muestra preparada fue inyectado en el cromatógrafo de gases Agilent Technologies 7890A. Posteriormente se identificó el perfil de ácidos grasos de la muestra a través del tiempo en el cual se detectó cada uno de ellos y el área bajo la curva, que sirve como indicador de la proporción que representa del total.

Fibra Dietética. La determinación de la fibra dietética se realizó por el método AOAC 985.29. La muestra se homogenizó en un mortero, posteriormente, se pesaron 1.0000 ± 0.0050 g de muestra en un vaso de precipitación Berzelius de 600 mL. Esto se realizó por duplicado. Inmediatamente, se agregaron 50 mL de solución de tampón fosfato pH 6 a cada vaso de precipitación y se mezclaron con ayuda de un agitador magnético. Luego, se añadieron 100 μ L de solución α -amilasa termoestable y se procedió a mezclar. Se cubrió cada vaso de precipitación con papel aluminio y se incubó en baño María a 95 °C durante 15 minutos. Al pasar el tiempo estimado se retiró el papel aluminio y se dejó enfriar a temperatura ambiente. Posterior a ello, se añadieron 10 mL de solución de NaOH 0.275 molar y se ajustó el pH a 7.5 ± 0.2 , luego se añadió 100 μ L de solución de proteasa 50 mg/mL a cada vaso de precipitación. El vaso de precipitación fue cubierto nuevamente con papel aluminio y se incubó en baño María a 60 °C por 30 minutos con agitación continua. Se retiró el papel aluminio y se dejó enfriar a temperatura ambiente. Después se añadieron 10 mL de solución de HCl 0.325 M, y se ajustó el pH en un rango de 4.0 - 4.6. se añadieron 100 μ L de solución de amiloglucosidasa y se cubrió nuevamente con papel aluminio y se incubó por 30 minutos en baño María a una temperatura de 60 °C agitando constantemente. Luego se agregaron 280 mL de etanol al 95% precalentado a 60 °C. Se retiraron las muestras del baño María y se cubrieron con papel aluminio, luego se dejaron precipitar por una hora a temperatura ambiente. Se pesaron los crisoles previamente incinerados a 550 °C por una hora a los cuales, ya enfriados, se les agregaron 0.5 g de celite. El celite se distribuyó usando 15 mL de etanol al 78% en cada crisol. Se vertió el contenido del vaso de precipitación en el crisol y se filtró al vacío. Seguidamente, se realizó un lavado usando etanol al 78% con una espátula para retirar todo aquel material que se hubiera quedado en las paredes del vaso de precipitación. El crisol con el residuo se secó por ocho horas en un horno de convección a 105 °C. Para finalizar, se pesó el crisol y se realizó el cálculo del porcentaje de fibra dietética.

Análisis de Hierro. Se realizó un análisis de hierro por duplicado al tratamiento con mayor aceptación a través del método oficial AOAC 985.35. Antes de iniciar con el procedimiento, toda la

cristalería fue sumergida en una solución de ácido nítrico (HNO_3) a una concentración de 20% v/v durante 12 horas, luego se lavaron con agua desionizada. Las cenizas se obtuvieron siguiendo el método AOAC 923.03. A las cenizas que se encontraban dentro los crisoles se les agregaron 5 mL de HNO_3 a 1 M, estos fueron sometidos a un baño de vapor durante tres minutos a 95 °C. Las cenizas ya disueltas se transfirieron a un matraz volumétrico de 50 mL, posteriormente se realizaron lavados a los crisoles con dos porciones de 5 mL de HNO_3 , la solución resultante del lavado también fue puesto dentro del matraz volumétrico. Por último, se realizó el análisis de las soluciones a través de Espectrofotometría de Absorción Atómica.

Diseño Experimental.

Se empleó un diseño de Bloques Completos al Azar (BCA) evaluando los análisis de textura y de actividad de agua en tres tratamientos y un control. Se realizaron tres repeticiones de cada uno obteniendo un total de 12 unidades experimentales para los análisis respectivos.

Análisis Estadístico.

Los datos obtenidos se analizaron en el programa SAS® (Statistical Analysis System, por sus siglas en inglés), Versión 9.4, a través de un análisis de varianza (ANDEVA) y una separación de medias DUNCAN en cuanto a la evaluación de textura y actividad de agua. Además, se realizó un análisis univariado con medidas de tendencia central y de dispersión para evaluar los resultados del análisis proximal completo y análisis de contenido de hierro, con dos repeticiones cada uno.

Resultados y Discusión

Fase II: Análisis Microbiológicos de la Harina de Frijol Biofortificado y Distintos Tratamientos de Análogo Cárnico

La inocuidad alimentaria es un aspecto elemental que compete a la industria, entidades gubernamentales, consumidores y otros. Es imprescindible que los alimentos sean inocuos y no causen algún daño a la salud, por lo que se debe de mantener las condiciones y medidas necesarias durante toda la cadena de procesamiento para evitar algún riesgo. La contaminación de materias primas, productos y equipos se debe a condiciones de saneamiento inadecuadas juntamente con una inapropiada manipulación de estas. La prevalencia de condiciones antihigiénicas y malas prácticas de manufactura contribuye sustancialmente a la entrada de patógenos bacterianos. Para la harina de frijol biofortificado se realizaron análisis de *Salmonella* spp., enterobacterias, hongos y levaduras. Como referencia se siguieron los parámetros de la norma sanitaria que establece los criterios microbiológicos de calidad sanitaria e inocuidad para los alimentos y bebidas de consumo humano del Ministerio de Salud del Perú (2008), en la categoría de calidad de harinas y sémolas para *Salmonella* spp, hongos y levaduras, descritos en el Cuadro 1. En lo que refiere al análisis de *Salmonella* spp., se reportó ausencia en 25 g; en cuanto a hongos y levaduras se obtuvieron resultados de <10 UFC/g. En relación con las enterobacterias, se aplicó lo establecido por la guía de desarrollo y uso de criterios microbiológicos para alimentos determinada por Stannard y Institute of Food Science & Technology Today (1997), donde se detallan estos microorganismos como método de verificación de inocuidad del alimento. Los resultados fueron <10 UFC/g. En sí, los valores obtenidos en los análisis se encuentran dentro de los límites permitidos por las normas y/o agentes reguladores previamente indicados, lo que avala que la harina de frijol biofortificado es de consumo humano y puede ser utilizada como materia prima para el análogo cárnico.

Por lo que se refiere al análogo cárnico, se utilizaron los límites establecidos por el RTCA 67.04.50:17 (2018), para *Escherichia coli* y coliformes totales (Cuadro 2). Además, se empleó la

Resolución de criterios microbiológicos que deben de cumplir los alimentos y bebidas del Ministerio de Salud y Protección Social (2020), en cuanto a bacterias mesófilas aerobias descritas en el Cuadro 4. Los resultados para *E. coli* y coliformes totales fueron <10 UFC/g, encontrándose dentro los límites permitidos descritos por el RTCA 67.04.50:17 (2018). De igual manera en el caso de las bacterias mesófilas aerobias, se encuentran dentro de los parámetros establecidos por la resolución aplicada.

Fase III. Evaluación Sensorial del Análogo Cárnico a Base de Harina de Frijol Biofortificado y Proteína Texturizada de Soya, e Identificación del Tratamiento Más Aceptado

En la fase III se evaluaron sensorialmente las tortas análogas de carne de los tratamientos que contenían diferentes proporciones porcentuales de soya texturizada y harina de frijol biofortificado (70:30, 80:20, 90:10%) y el tratamiento control utilizado, análogo comercial “Beyond Meat”. Los resultados demuestran que, entre los tres tratamientos evaluados no existió diferencia estadística significativa ($P > 0.05$) en los atributos de apariencia, color, olor, sabor y textura, a excepción de sabor, donde sí hubo diferencia significativa entre los tratamientos. Por otro lado, entre los tratamientos y el tratamiento control, sí hubo diferencia estadística significativa ($P < 0.05$) para todos los atributos evaluados.

Apariencia

En una evaluación sensorial, el panelista mediante la vista evalúa la apariencia general de las muestras, de acuerdo con Espinosa Manfugás (2007), la apariencia comprende todos los atributos visibles de una sustancia u objeto, y solo con su percepción el consumidor puede aceptar o rechazar un producto. En el Cuadro 6 se muestra la valoración dada por parte de los panelistas a los diferentes tratamientos, las cuales rondan entre 5 “no me gusta ni me disgusta” y 7 “me gusta”. De manera general, sí existió diferencia significativa entre los tratamientos ($P < 0.05$). Estos resultados pueden atribuírsele al hecho de que el tratamiento control en comparación al resto de los tratamientos (1-3), está elaborado de proteína de guisantes, mientras que los demás están hechos a base de soya texturizada y harina de frijol biofortificado. Es importante tomar en cuenta que, entre los tratamientos

la diferencia radica en los porcentajes utilizados de dichos ingredientes en la formulación, los cuales pueden afectar la textura o el color de la presentación final.

Color

El color al igual que la apariencia, se perciben gracias al sentido de la vista, siendo otro de los atributos que el consumidor evalúa en primera instancia. Cada alimento en su forma natural y/o procesada presenta un color característico mediante el cual el consumidor lo identifica, también puede proporcionar información acerca de su índice de calidad, contenido de pigmentos, identidad o intensidad de sabor (Retting y Hen 2014). En el Cuadro 6 se observa que para el caso de color sí hubo diferencia significativa entre los tratamientos ($P < 0.05$). Los Tratamientos 1, 2 y 3 obtuvieron una puntuación de 6, interpretándose como “me gusta poco”. Por otro lado, el Tratamiento Control se diferenció por una puntuación de 7, siendo un “me gusta” por parte de los panelistas. Para el caso de los tres tratamientos evaluados se utilizó en la misma cantidad de Paprika, esto con el fin de conceder un color rojizo – naranja a la torta final. La paprika, ya sea oleorresina o en polvo, es un colorante natural extraído de *Capsicum Annuum*, un pimiento rojo que contiene carotenoides. De acuerdo con Vargas (2009), el contenido de carotenoides de la paprika puede sustituir los colorantes amarillo # 5 y #6, también llamados Tartrazina y Sunset Yellow respectivamente. Por otro lado, en el caso de Beyond Meat, el tratamiento control, utiliza como colorante concentrado de zumo de remolacha o betabel, que contiene betalaína, compuesto por dos pigmentos: betacianinas, encargado de color rojo y betaxantina, color amarillo (Cruz Cerón y Hinojosa Rojas 2015). Este le concede un color rojizo – café a la torta análoga de carne, muy similar a la carne vacuna. Esto puede justificar la inclinación que presentaron los panelistas hacia el tratamiento control, debido a que, en cuanto a color, entre las muestras presentadas este resaltaba por su semejanza a una hamburguesa de carne.

Olor

El olor de los alimentos se origina por las sustancias volátiles que cuando se desprenden de ellos pasan por las ventanas de la nariz y son percibidos por los receptores olfatorios (Espinosa

Manfugás 2007). Como se muestra en el Cuadro 6, se evaluó el olor percibido de los diferentes tratamientos por parte de los panelistas donde solamente el tratamiento control presentó diferencia estadística significativa ($P < 0.05$). Todos los tratamientos incluyendo el control, se valorizó con “me gusta poco”. El olor de los alimentos está influenciado por los ingredientes que contiene y la cantidad de estos. En el caso de los tratamientos, estos están hechos a base de soya texturizada, la cual cuenta con un olor característico sano, seco y limpio (IICA et al. 2004) y harina de frijol biofortificado, que aporta el olor típico de la legumbre (Álvarez et al. 2016). El uso del humo en polvo, como parte de los ingredientes de los tratamientos, obtenido al quemar madera capturando la esencia y eliminando los componentes no deseados, se optimiza el potencial sensorial (Lizama 2012). Por otro lado, el tratamiento control se elaboró a partir de proteína de guisante y un número de ingredientes mayor en comparación a los tratamientos, los cuales pudieron influir en el olor final del producto, causando que aunque todos fueron categorizados de la misma manera por parte de los panelistas, sí presentara diferencias en olor.

Cuadro 6

Análisis sensorial de los atributos de apariencia, color y olor para los tres tratamientos y control del análogo cárnico a base de harina de frijol biofortificado y proteína de soya texturizada.

Tratamientos	Atributos		
	Apariencia	Color	Olor
T1	5.99 ± 1.75B	6.57 ± 1.52B	6.41 ± 1.67B
T2	6.01 ± 1.90B	6.57 ± 1.65B	6.24 ± 1.86B
T3	6.25 ± 1.54B	6.68 ± 1.30AB	6.49 ± 1.69B
Control	7.13 ± 1.61A	7.01 ± 1.67A	6.85 ± 1.89A
C.V. (%)	20.54	17.93	19.90

Nota. A-B Medias seguidas de letras distintas en cada columna indican diferencias entre los tratamientos ($P < 0.05$). T1: Análogo cárnico hecho a base de 90% soya texturizada y 10% harina de frijol biofortificado. T2: Análogo cárnico hecho a base de 80% soya texturizada y 20% harina de frijol biofortificado. T3: Análogo cárnico hecho a base de 70% soya texturizada y 30% harina de frijol biofortificado. Control: Análogo cárnico comercial llamado “Beyond Meat”, hecho a base de proteína de guisante. C.V: Coeficiente de Variación. D.E: Desviación Estándar.

Textura

La textura de un producto es un atributo complejo, percibido por las sensaciones de los labios, dientes y músculos sensitivos de la cavidad bucal. Según Asgar et al. (2010), una textura y sabor aceptables son a menudo uno de los mayores desafíos de desarrollo en los sustitutos cárnicos. La expectativa del consumidor sobre estos es una textura masticable característica de la carne, jugosidad, estructura íntegra y fibrosa. Este atributo es de relevancia para el consumidor, por lo que la industria alimentaria ha empleado más de una docena de tecnologías de texturización de proteínas vegetales para crear esa estructura fibrosa y apariencia carnosa de estos productos alternativos (Maningat et al. 2022).

Se observó diferencias significativas ($P < 0.05$) entre los tratamientos de proteína texturizada de soya y harina de frijol biofortificado con respecto al control, siendo el control el mejor evaluado con una nota de “me gusta”, mientras que los tratamientos fueron encasillados dentro de la misma categoría obteniendo una calificación de “ni me gusta ni me disgusta” (Cuadro 7). Esto puede ser debido a que el control no tiene adición de algún tipo de harina a diferencia de los tratamientos, por lo que su composición presenta un mayor contenido de proteína texturizada que aumenta su estructura fibrosa y mantiene la jugosidad del alimento. Los tratamientos fueron adicionados con 10, 20 y 30% de harina de frijol respectivamente, con motivos de firmeza y mantenimiento de una estructura íntegra, además de un aporte nutricional. Según Schreuders et al. (2021), la adición de ingredientes para aumentar la firmeza estrechamente la humedad en el alimento, por lo que reduce la jugosidad y genera cambios en los resultados de la textura deseada. Cabe destacar, que en sustitutos cárnicos una baja jugosidad en el producto cocinado es un inconveniente normal, el cual puede afectar la textura del producto (De Angelis et al. 2020).

Sabor

De acuerdo con Witting Rovira (2001), el sabor es la sensación percibida por medio de las terminaciones nerviosas de los sentidos del olfato y gusto principalmente. Además, se encuentran

relacionado con estimulaciones simultáneas de otros receptores sensoriales. El sabor es una de las principales limitantes y preocupaciones al momento de involucrar proteína de soya texturizada en sustitutos cárnicos. Esto se debe a componentes asociados con un mal sabor que están presentes en la soya, como lo son las saponinas e isoflavonas, las cuales aportan propiedades tanto favorables como desfavorables en el alimento, como lo es un sabor amargo (Asgar et al. 2010). Por lo cual, se utilizan especias y condimentos destinados no solo para imitar el aroma complejo de los productos que reemplazan, pero también para enmascarar los indeseables retrogustos de esta materia prima (Kołodziejczak et al. 2022).

En el Cuadro 7 se observa que hubo diferencia estadística significativa ($P > 0.05$) entre los tratamientos y el control. El control recibió una calificación en la escala hedónica de 7 por parte de los panelistas, siendo un “me gusta”. El Tratamiento 3 fue calificado con una puntuación de 5, que se traduce en “no me gusta ni me disgusta”. Los Tratamientos 1 y 2 fueron evaluados como “me disgusta poco”. En este estudio, el control fue diferente a los tratamientos con 70, 80, y 90% de proteína de soya texturizada, y entre ellos el control fue el de mayor aceptación en cuanto a este atributo se trata. El uso de proteínas vegetales texturizadas generalmente mantiene los factores anti nutricionales antes mencionados, en porcentajes más altos que los aislados de proteínas, lo que también puede explicar que sabores amargos o no deseados se perciban más fuerte en los análogos cárnicos. Además, se atribuye en sí, a que el análogo cárnico de “Beyond meat” que fungió como control tiene como ingrediente principal proteína de guisantes, la cual tiene un perfil de sabores más limpio en comparación con la proteína de soya (Maningat et al. 2022).

Aceptación General

No se observaron diferencias significativas ($P > 0.05$) entre los tratamientos de proteína texturizada de soya y harina de frijol biofortificado, pero si hubo diferencias con el control. Este obtuvo una puntuación que lo sitúa dentro de la categoría “me gusta”, en comparación a los tratamientos con “no me gusta ni me disgusta” tal como se observa en el Cuadro 7. Se determinó que la variación

porcentual de proteína texturizada de soya y harina de frijol biofortificado en la formulación (70:30, 80:20 y 90:10%) no osciló cambios en la aceptación general del producto por parte del panelista.

Cuadro 7

Análisis sensorial de los atributos de textura, sabor y aceptación general para los tres tratamientos y control del análogo cárnico a base de harina de frijol biofortificado y proteína de soya texturizada.

Tratamientos	Atributos		
	Textura \pm D.E.	Sabor \pm D.E.	Aceptación general \pm D.E.
T1	5.34 \pm 1.95B	4.93 \pm 2.16B	5.63 \pm 1.76B
T2	5.42 \pm 2.17B	5.11 \pm 2.31B	5.64 \pm 2.03B
T3	5.22 \pm 1.83B	4.38 \pm 1.79C	5.48 \pm 1.72B
Control	7.43 \pm 1.46A	7.46 \pm 1.58A	7.56 \pm 1.44A
C.V. (%)	25.36	27.33	20.81

Nota. A-C Medias seguidas de letras distintas en cada columna indican diferencias entre los tratamientos ($P < 0.05$). T1: Análogo cárnico hecho a base de 90% soya texturizada y 10% harina de frijol biofortificado. T2: Análogo cárnico hecho a base de 80% soya texturizada y 20% harina de frijol biofortificado. T3: Análogo cárnico hecho a base de 70% soya texturizada y 30% harina de frijol biofortificado. Control: Análogo cárnico comercial marca "Beyond Meat", hecho a base de proteína de guisante. C.V: Coeficiente de variación. D.E: Desviación estándar.

De acuerdo con el análisis de correlación observado en el Cuadro 8, se puede mencionar que el valor P de todos los atributos indica que existe una correlación entre la aceptación general con otros atributos del producto. Los atributos que tuvieron una relación alta positiva ($r \geq 0.7$) con la aceptación general del análogo cárnico a base de proteína texturizada de soya y harina de frijol biofortificado fueron el sabor (0.79480) y la apariencia (0.73499). Destacando que, a medida aumente estos atributos en el sustituto cárnico, también aumentará la aceptación general del producto.

Cuadro 8

Coefficiente de correlación de Pearson entre los atributos sensoriales y aceptación general de los tratamientos.

Aceptación General	Coeficiente de correlación de Pearson				
	Apariencia	Color	Olor	Textura	Sabor
	0.73499 <.0001	0.55830 <.0001	0.55939 <.0001	0.57009 <.0001	0.79480 <.0001

Prueba de Basker

Mediante la Prueba de Basker se identificaron los tratamientos preferidos. De acuerdo con la Tabla de Basker, para un total de 100 panelistas y cuatro tratamientos, el valor crítico para esta prueba es de 46.9. En el Cuadro 9 se observan los puntajes de la sumatoria, el tratamiento control obtuvo el valor más bajo (129), es decir obtuvo una mayor cantidad de uno dentro de la escala de evaluación, la cual representaba una mayor preferencia por parte de los panelistas. Seguido por el tratamiento dos (80% proteína texturizada de soya y 20% harina de frijol biofortificado), con una puntuación de 286, por lo que seleccionó este tratamiento para realizar los análisis químicos al análogo cárnico. Cabe destacar, que el tratamiento uno (90% proteína texturizada de soya y 10% harina de frijol biofortificado) fue el de menos preferencia.

Cuadro 9

Resultados de la categoría de preferencia utilizando Prueba de Basker.

Tratamiento	Suma de categorías	T1	T2	T3	Control
		296	286	289	129
T1	296	0	10	7	167
T2	286	-10	0	-3	157
T3	289	-7	3	0	160
Control	129	-167	-157	-160	0

Nota. T1: Análogo cárnico hecho a base de 90% soya texturizada y 10% harina de frijol biofortificado. T2: Análogo cárnico hecho a base de 80% soya texturizada y 20% harina de frijol biofortificado. T3: Análogo cárnico hecho a base de 70% soya texturizada y 30% harina de frijol biofortificado. Control: Análogo cárnico comercial marca "Beyond Meat", hecho a base de proteína de guisante.

Fase VI: Análisis Físicoquímicos del Análogo Cárnico a Base de Harina de Frijol Biofortificado y Proteína Texturizada de Soya

Análisis Físicos

Textura.

La textura es la combinación de los atributos reológicos y estructurales de un producto alimenticio perceptible por medio de receptores mecánicos, táctiles, visuales y auditivos, tal como lo define Rosenthal (2001). Este es un indicador sensorial que se puede medir en un analizador de textura utilizando un método instrumental como el análisis de perfil de textura. A través del cual se evalúan

distintos parámetros como la elasticidad, masticabilidad, dureza, cohesión y la pegajosidad del alimento.

En la carne roja y análogos de esta, los parámetros de textura y sabor son trascendentales para los consumidores y afectan la decisión final en la selección de sustitutos de carne. Por lo cual, numerosas proteínas vegetales, incluidas la soya en forma de texturizado, concentrado y/o aislado, se adicionan a los análogos como materia prima para obtener rasgos deseables en estos atributos (Bakhsh et al. 2022). Estos elementos tienen propiedades funcionales apropiadas, especialmente una estructura fibrosa que les permiten crear una cantidad de sustitutos de la carne distintivos en cuanto a características físicas y organolépticas (Kołodziejczak et al. 2022).

Como se observa en el Cuadro 10, los tratamientos evaluados sí presentaron diferencia estadística significativa ($P < 0.05$) para los parámetros de dureza, firmeza y masticabilidad siendo el tratamiento con 70% de proteína texturizada de soya y 30% de harina de frijol biofortificado, el que presentó los valores más altos.

Los valores obtenidos en cuanto a dureza y firmeza se asimilan a los encontrados por Asgar et al. (2010), en un estudio de análisis fisicoquímicos de análogos cárnicos donde se demostró que para el parámetro de dureza se obtuvieron valores de 13.55 N para sustituto de carne a base de proteína de guisantes, 18.33 y 27.33 N para los análogos de carne de proteína texturizada de soya de acuerdo con el porcentaje de este en la formulación. De manera general, De Angelis et al. (2020) mencionan que la variación de este parámetro se atribuye a las diferentes composiciones de las proteínas. Además, se demostró una relación directamente proporcional entre dureza y el porcentaje de harina en la formulación, al darse un alza en este a medida que aumenta la adición de harina de frijol biofortificado en los tratamientos.

En cuanto a masticabilidad, los valores determinados en el perfil de textura para este parámetro se relacionan con los recopilados por Bakhsh y colaboradores en un estudio sobre las propiedades fisicoquímicas de los sustitutos de la carne. La masticabilidad de los tratamientos de

proteína texturizada de soya evaluados por Bakhsh A, Lee SJ, Lee EY y Sabikun N et al. (2021), resultaron entre 11 y 32 mJ respectivamente. Cabe destacar, el Tratamiento 3 al presentar valores altos en los parámetros de dureza, firmeza y masticabilidad indica que este necesita más energía para ser masticados por el consumidor. El coeficiente de variación aumentó significativamente, en comparación con los demás parámetros. Esto se debe a que la masticabilidad es el producto de la dureza por la cohesividad y elasticidad. Los errores obtenidos en estos se ven reflejados en el coeficiente de variación de la masticabilidad por ende este aumenta.

Ciertamente, se dio un incremento en el valor de la masticabilidad a medida aumentó la adición de harina de frijol biofortificado y disminuyó el porcentaje de proteína texturizada de soya en la formulación. La adición de harinas, almidones y fuentes de carbohidratos en la formulación de estos productos crean una estructura porosa, incrementando los valores de masticabilidad de estos productos (Ismail et al. 2020). Un estudio realizado por Yadav et al. (2015), donde se formularon distintos tratamientos de análogos cárnicos, demostró que a medida aumentó la adición de harina de mijo en la formulación desde un 25 hasta 75%, aumentó el valor de la masticabilidad desde 7.62 y 40.09 mJ respectivamente.

Cuadro 10

Análisis de textura para los parámetros de dureza, firmeza y masticabilidad para tratamientos y control del análogo cárnico.

Tratamientos	Dureza (N)	Firmeza (N)	Masticabilidad (mJ)
T1	14.45 ± 0.20C	7.95 ± 0.36B	19.06 ± 1.92B
T2	20.66 ± 1.23B	9.62 ± 0.63B	27.55 ± 1.76B
T3	28.34 ± 0.37A	13.84 ± 0.76A	36.69 ± 2.64A
Control	8.116 ± 1.90D	4.11 ± 0.50C	14.41 ± 1.67C
CV (%)	8.63	8.16	20.98

Nota. A-D Medias seguidas de letras distintas en cada columna indican diferencias entre los tratamientos ($P < 0.05$). T1: Análogo cárnico hecho a base de 90% soya texturizada y 10% harina de frijol biofortificado. T2: Análogo cárnico hecho a base de 80% soya texturizada y 20% harina de frijol biofortificado. T3: Análogo cárnico hecho a base de 70% soya texturizada y 30% harina de frijol biofortificado. Control: Análogo cárnico comercial marca "Beyond Meat", hecho a base de proteína de guisante. C.V: Coeficiente de Variación. D.E: Desviación Estándar.

Análisis Químicos

Actividad de Agua.

La actividad del agua es el principal factor para controlar y prevenir el deterioro de los productos alimenticios. Este afecta directamente la vida útil del producto, al ser un indicador del nivel mínimo de agua para el crecimiento microbiano y la reacción química. Si la actividad de agua del alimento fuera baja, entonces la vida útil sera mayor (Arévalo 2017).

En el Cuadro 11 se observan los resultados del análisis de actividad de agua realizado a los tratamientos y control. De manera general, sí existió diferencia significativa entre los tratamientos ($P < 0.05$). Los Tratamientos 1 y 2 demostraron ser similares en cuanto a su actividad de agua, a diferencia del Tratamiento 3 que presentó mayor valor del mismo. El control, análogo cárnico comercial marca Beyond Meat, demostró tener el menor valor en cuanto a actividad de agua.

Estos valores difieren a los encontrados por Sreeitthiyawet et al. (2019), en su estudio de formulación de análogos de carne con harina de frijol blanco y harina de alcachofa, los cuales presentaron una actividad de agua entre 0.51 y 0.53 para todas sus formulaciones. Esto se debe a la diferencia de formulaciones, ya que los tratamientos evaluados en este estudio contenían proteína texturizada de soya hidratada y un menor contenido de harina, a diferencia de los evaluados por Sreeitthiyawet, que contenían en gran porcentaje dos tipos de harinas para formar la estructura del análogo. Por lo tanto, los tratamientos evaluados en este estudio, al presentar un alto valor de actividad de agua (A_w) se encuentran propensos a que su vida útil sea menor.

Cuadro 11

Análisis de actividad de agua para los tres tratamientos y control del análogo cárnico a base de harina de frijol biofortificado y proteína de soya texturizada.

Tratamientos	Actividad de agua
T1	0.934 ± 0.002A
T2	0.931 ± 0.022A
T3	0.955 ± 0.009A
Control	0.887 ± 0.040B
CV (%)	3.35

Nota. A-B Medias seguidas de letras distintas indican diferencias entre los tratamientos ($P < 0.05$). T1: Análogo cárnico hecho a base de 90% soya texturizada y 10% harina de frijol biofortificado. T2: Análogo cárnico hecho a base de 80% soya texturizada y 20% harina de frijol biofortificado. T3: Análogo cárnico hecho a base de 70% soya texturizada y 30% harina de frijol biofortificado. Control: Análogo cárnico comercial llamado “Beyond Meat”, hecho a base de proteína de guisante. C.V: Coeficiente de Variación. D.E: Desviación Estándar.

Análisis de Hierro.

Desde el punto de vista del valor nutritivo, las vitaminas y los minerales son ingredientes importantes en la formulación de un análogo de la carne. Destacan especialmente, el contenido de vitamina B12 y minerales como hierro y zinc (Kołodziejczak et al. 2022).

De acuerdo con Bohrer (2019), los sustitutos cárnicos comerciales evaluados en su investigación, presentaron un valor mayor en el contenido de hierro comparado con el de la carne. Según Bohrer, esto es debido a los ingredientes añadidos durante la formulación que permiten un mayor nivel de este mineral. En el estudio, se encontró que el contenido de hierro en la carne se estima en 2.12 mg/100 g a diferencia del obtenido por el análogo cárnico utilizado como control en esta evaluación, que obtuvo un valor de 3.72 mg/100 g. En el Cuadro 12 se observan los resultados del contenido de hierro para el tratamiento de mayor preferencia (80% proteína de soya texturizada y 20% harina de frijol), el cual presentó un contenido de hierro de 1.42 mg/100 g, refiriendo así un menor contenido de este mineral en comparación con la carne y el tratamiento control. La presencia de este mineral en el análogo cárnico, se atribuye a que el frijol utilizado como materia prima, en forma de harina, es biofortificado en minerales como hierro y zinc. Además, la levadura nutricional Bob's Red Mill contiene minerales, donde destacan el hierro y calcio. Según Penna Franca et al. (2022), pueden ocurrir deficiencias de minerales en las dietas basadas en plantas. Por lo tanto, las alternativas de origen vegetal deben ser enriquecidas en minerales para conseguir una cantidad y absorción adecuada de estos de acuerdo con la ingesta recomendada.

Cuadro 12*Contenido de hierro del Tratamiento 2.*

	Contenido de Hierro (mg/100g)
T2	1.42 ± 0.01
CV (%)	0.88

Nota. T2: Análogo cárnico hecho a base de 80% soya texturizada y 20% harina de frijol biofortificado. C.V: Coeficiente de Variación. D.E: Desviación Estándar.

Análisis Proximal Completo.

Proteína. Los ingredientes proteicos utilizados para la fabricación de análogos de la carne son, sin duda, uno de los componentes más significativos del producto. Las proteínas tienen importantes relaciones estructura-función en términos de hidratación y solubilidad, propiedades interfaciales, unión del sabor, viscosidad, texturización y formación de masa (Meade et al. 2005). Como se muestra en el Cuadro 13, el tratamiento con 80% proteína de soya texturizada y 20% harina de frijol presentó 14.77% de proteína. Un estudio realizado por Bakhsh A, Lee SJ, Lee EY, Hwang Y y Joo S (2021), donde se evaluó diferentes concentraciones de metilcelulosa en un análogo cárnico a base de proteína vegetal obtuvieron valores entre 16.48 - 16.93%. Por otro lado, Beyond Burger, el análogo de carne líder en el mercado presenta un contenido proteico de 18% (Sun et al. 2021). Sin embargo, el objetivo de los análogos existentes es asemejarse a las características físicas, químicas y organolépticas de la carne, esto incluye el alto contenido de proteína que la carne ofrece. Según Bohrer (2019), en una revisión literaria realizada acerca de la composición nutricional de los análogos de carne, una torta de carne molida con 93% carne magra y 7% grasa contiene 20.85% de proteína y una "beef patty" o hamburguesa de McDonald's contiene 23.33%. Por lo cual aun cuando el tratamiento evaluado presenta un contenido de proteína considerable, sigue por debajo del contenido de una torta de carne vacuna.

El contenido de proteína presente en el análogo de carne está determinado por los ingredientes con los cuales está elaborado, para el caso del tratamiento evaluado en este estudio se utilizó soya texturizada y aislado de proteína de soya con el fin de aumentar el contenido de este en

el producto final. El texturizado de soya es elaborado a partir de la extrusión termoplástica de la harina o concentrado de soya, en donde su contenido de proteína se eleva ligeramente comparado con el de la materia prima inicial. Con respecto al aislado de soya, este es el resultado de un proceso de refinación de los concentrados o harinas, obteniendo un 90% de proteína en base seca (Luna Jiménez 2006; Vanegas Pérez et al. 2009).

Grasa Cruda. La grasa juega un papel importante tanto en el valor nutricional como en las propiedades sensoriales de la carne y sus análogos. De acuerdo con Kyriakopoulou et al. (2021), las grasas y aceites en las formulaciones de análogos de la carne son responsables de la jugosidad, ternura, textura y sensación en la boca, al igual que también es un portador de sabor y vitaminas liposolubles. Para análogos cárnicos, la industria utiliza una variedad de grasas sólidas (extraídas de coco y cacao) y aceites vegetales, como canola y girasol.

En el Cuadro 13 se puede observar el contenido de grasa del Tratamiento 2 (80% proteína de soya texturizada y 20% harina de frijol), siendo 14.04 % en total. De acuerdo con Sun et al. (2021), en una comparación realizada entre los macronutrientes de Beyond Burger y carne convencional, estas contienen 22 y 23% de grasa respectivamente. Por otra parte, el INCAP y OPS (2012), en su tabla de composición de alimentos de Centroamérica, declara que la carne de res rica en grasa tiene 23.30% de grasa y la carne semi magra 17.15%. Considerando lo anterior, se puede inferir que los datos obtenidos se encuentran menores a los valores reales de grasa tanto en la carne vacuna como en el análogo cárnico de referencia.

Fibra Dietética. La carne no contiene carbohidratos, a menos que el producto cárnico se procese y se agreguen ingredientes de estos. Los análogos de la carne, por otro lado, casi siempre contienen carbohidratos provenientes de una variedad de ingredientes diferentes adicionados de acuerdo con una variedad de propósitos en el proceso de fabricación (Meade et al. 2005). Los ingredientes se pueden clasificar como ingredientes aglutinantes, almidones o harinas.

En el Cuadro 13 se observa que el contenido de fibra dietética para el Tratamiento 2 es de 10.05%. De acuerdo con un estudio realizado por Bohrer (2019), el contenido de fibra dietética en la carne roja es de 0%, a diferencia de los análogos comerciales evaluados en su estudio que presentaron valores de 1.48% (Beyond Burguer), 2.30% (Impossible Burguer) y 8.80% (Morning star Farm grillers burguer).

En general, la fibra dietética fue mayor tanto para los análogos comerciales evaluados por Bohrer, como el tratamiento dos evaluado en este estudio, en comparación con la carne. Esto se debe a ciertos ingredientes (aislados, almidones, levaduras nutricionales y harinas) incluidos en la formulación de estos, los cuales se derivan principalmente de origen vegetal, a diferencia de las tortas de carne tradicional, donde la adición de estos ingredientes es mínima sino nula (McClements y Grossmann 2021).

Humedad. El contenido de humedad de los alimentos es un factor importante en la calidad, conservación y resistencia de estos al deterioro. La determinación del contenido de humedad también es necesaria para calcular el contenido de otros constituyentes de los alimentos sobre una base uniforme, es decir, sobre la base del peso seco (Grasso et al. 2019).

La capacidad de unión de los diferentes ingredientes en los análogos cárnicos es de gran importancia, ya que el comportamiento no adhesivo de estos puede afectar significativamente la analogía final del producto. En los distintos tratamientos se añadió almidón de papa como agente aglutinante. Esta adición permite no solo capacidad de unión de todos los ingredientes, sino que concede la retención de humedad del producto. Además de aumentar el volumen y mejorar la textura de los análogos (Bakhsh A, Lee SJ, Lee EY, Hwang Y y Joo S 2021).

La materia prima de mayor abundancia en la formulación de los tratamientos fue el texturizado de proteína de soya. Los texturizados de proteína vegetal tiene ventajas en el manejo, almacenamiento y estabilidad en cuanto a vida de anaquel, pero deben hidratarse antes de

consumirse. Al hidratarse, presentan una estructura fibrosa de textura esponjosa que imita la carne convencional con un porcentaje de humedad similar a este (Sadler 2004).

En el Cuadro 13 se presentan los resultados del análisis proximal completo realizado al tratamiento de mayor preferencia (Tratamiento 2, 80% proteína de soya texturizada y 20% harina de frijol). Los resultados indican que el contenido de humedad corresponde al 57.78% del alimento. Resultados similares se encontraron en un estudio realizado por Bakhsh A, Lee SJ, Lee EY, Hwang Y y Joo S (2021), donde se obtuvo un contenido de humedad del 57.48% en un tratamiento con 76% de proteína texturizada de soya, proporción similar al tratamiento evaluado. Cabe resaltar, que en el mismo estudio se realizó un análisis de humedad en carne roja la cual demostró resultados entre 57.49-62.64%. Además, Bakhsh A, Lee SJ, Lee EY y Sabikun N et al. (2021), en otro estudio sobre las propiedades sensoriales y reológicas de los análogos cárnicos en comparación con la carne de res y cerdo, encontraron un valor de 51.53% de humedad para el sustituto de la carne. Por lo que refieren, que estos productos operan valores similares en cuanto a contenido de humedad con la carne convencional. Lo cual es significativo en la obtención de un producto que simule, tanto es sus características organolépticas como reológicas, las propiedades que ofrece la carne. Para que, de manera similar, la aceptabilidad general del consumidor en cuanto a estos productos sea comparable a la carne.

Cenizas. El contenido de ceniza se refiere al residuo inorgánico que queda después de la ignición o la oxidación completa de la materia orgánica en un alimento. Además, ayuda a determinar la cantidad de minerales presentes en los alimentos (Flores et al. 2021).

En el Cuadro 13 se reporta que el contenido de cenizas para el Tratamiento 2 (80% proteína de soya texturizada y 20% harina de frijol) fue de 2.01%. Resultados similares fueron obtenidos por Bakhsh A, Lee SJ, Lee EY, Hwang Y y Joo S (2021), con un total de 2.84% para un sustituto cárnico con 76% de proteína texturizada de soya. Además, en un estudio sobre la composición nutricional de una serie de análogos cárnicos elaborados con productos derivadas de soya (texturizados, concentrados

y aislados) se reportó que el análogo formulado con proteína texturizada de soya contenía 1.5% de cenizas, el elaborado con concentrado contenía 2.5% y con aislado 1.5% de cenizas (Swing et al. 2021). El contenido de cenizas del Tratamiento 2 se adjudicó a la combinación de texturizado con aislado de soya, además, de la adición de harina de frijol biofortificado a la formulación.

Energía. La energía es expresada de acuerdo con el sistema MKS (metro, kilogramo, segundo), como kilocalorías o Calorías. Las kilocalorías indican la cantidad de calor requerido a la presión de una atmósfera para elevar la temperatura (1 °C) de un kilogramo de agua (Reyes Bonilla 2014). En el Cuadro 13 se puede observar las kilocalorías presentes en 100 gramos de análogo cárnico, es decir, en el Tratamiento 2 (80% proteína de soya texturizada y 20% harina de frijol), que obtuvo un valor de 190 kcal. De acuerdo con Bohrer (2019), en su estudio comparativo, declara que una torta de carne 93% carne magra y 7% grasa, contiene 152 kcal y Beyond Burger, 221.24 kcal. Por otro lado, en la tabla de composición de alimentos de Centroamérica menciona que la carne rica en grasa y la carne semi magra contienen 288 y 234 kcal, respectivamente (INCAP y OPS 2012). Por lo tanto, con los datos mencionados anteriormente, se puede indicar que el Tratamiento 2 (80% proteína de soya texturizada y 20% harina de frijol) presentó valores semejantes a los que presenta la carne roja y menores en comparación con el tratamiento control, es decir, Beyond Burger.

Cuadro 13

Resultados del análisis proximal completo del tratamiento con mayor preferencia.

	Proteína (%)	Grasa (%)	Fibra (%)	Humedad (%)	Cenizas (%)	ELN (CHOs %)	Energía (kcal/100 g)
T2	14.42±0.22	14.04±0.14	10.05±0.45	57.78±0.85	2.01±0.01	1.69±0.74	190.81±5.42
CV (%)	1.47	0.17	0.22	1.47	0.30	43.55	2.84

Nota. T2: Análogo cárnico hecho a base de 80% soya texturizada y 20% harina de frijol biofortificado. C.V: Coeficiente de Variación. D.E: Desviación Estándar. ELN: Extracto libre de nitrógeno. CHOs: Carbohidratos. kcal: kilocalorías. g: gramos.

Perfil de Ácidos Grasos. Los ácidos grasos son cadenas de carbono con un grupo metilo en un extremo de la molécula y un grupo carboxilo en el otro. Estos almacenan y transportan energía, son componentes esenciales en todas las membranas y funcionan como moduladores de la expresión de genes (Rustan y Drevon 2005; Sanhueza y Valenzuela 2006). En el Cuadro 14 se puede observar el

perfil de ácidos grasos de la torta análoga de carne, el cual reportó 71.81% de grasa monoinsaturada, 15.59% grasa saturada y 12.60% grasa poliinsaturada y 0% grasas trans. De acuerdo con Bohrer (2019), el perfil de ácidos grasos de carne de res molida está compuesta por 47% grasa saturada, 46.71% de grasa monoinsaturada, 5.57% de grasas poliinsaturadas y 3.86% de grasa trans. Se observa que el perfil de ácidos grasos del análogo cárnico difiere en gran manera de la carne tradicional, esto debido a que presenta una mayor cantidad de ácidos grasos monoinsaturados y poliinsaturados, una menor cantidad de ácidos grasos saturados y ausencia de grasas trans. El perfil de ácidos grasos del análogo cárnico está determinado por el tipo de aceites que se encuentran en su formulación, para este caso, el aceite de canola y el aceite de oliva son los que lo definen. El aceite de oliva está compuesto principalmente de ácidos grasos monoinsaturados (58.33%), por lo que su aporte en este sentido, es significativo en el contenido del análogo cárnico evaluado. Dentro de su perfil de ácidos grasos se destacan el ácido oleico en primer lugar con 56.82%, ácido linoleico con 19.96% y ácido palmítico con 18.41% (Paucar Menacho et al. 2015). Por otro lado, el aceite de canola, al igual que el aceite de oliva se encuentra conformado principalmente de ácidos grasos monoinsaturados con 62.4%. Dentro de sus ácidos grasos principales se encuentra el ácido oleico con 61.7%, ácido linoleico con 19.8% y ácido α -linolénico con 8.1% (Ramírez Botero et al. 2014). Estos dos aceites en conjunto, demuestran la presencia de los cuatro ácidos grasos que se encuentran en mayor proporción en el análogo cárnico desarrollado. Por otro lado, la presencia del bajo contenido de ácido cáprico se justifica por el uso de levadura nutricional en la formulación; Alokiah et al. (2014), detectaron ácido cáprico en *Saccharomyces cerevisiae*, misma levadura que se utiliza en la elaboración de la levadura nutricional utilizada. Por otro lado, el uso de levadura nutricional y paprika contribuyen al valor encontrado de ácido láurico (Tepic et al. 2009). De manera general, el Tratamiento 2 (80% proteína de soya texturizada y 20% harina de frijol) está compuesto principalmente de ácidos grasos monoinsaturados. Según Carranza Madrigal et al. (2008), en estudios controlados mencionan que las dietas ricas en

grasas monoinsaturadas mejoran el perfil lipídico y la función endotelial, además de promover el control de la glucemia.

Cuadro 14

Perfil de ácidos grasos del tratamiento mejor evaluado para gramos/100 gramos y porcentaje.

Abreviación	Ácido graso	Porcentaje (%)
	Grasa saturada	15.59
	Grasa monoinsaturada	71.81
	Grasa poliinsaturada	12.60
C12:0	Ácido láurico	1.54
C16:0	Ácido palmítico	9.42
C18:0	Ácido esteárico	4.38
C18:1n9c cis-9	Ácido oleico	71.81
C18:2n6 cis – 9,12	Ácido alfa linoleico	12.60

Conclusiones

De los tres tratamientos evaluados, el tratamiento con 80% soya texturizada y 20% harina de frijol biofortificado “Honduras Nutritivo”, fue el mejor evaluado por parte de los panelistas. El sabor y la apariencia del producto final son los atributos que influyen en la aceptación general del análogo cárnico.

A medida que disminuye el contenido de proteína texturizada de soya y aumenta el contenido de harina de frijol biofortificado, se produce un incremento en los valores de dureza, firmeza y masticabilidad de los tratamientos.

Los porcentajes de proteína y hierro en el análogo cárnico mejor evaluado fueron relativamente menores en comparación con la carne, aunque los valores de grasa, humedad y cenizas fueron similares. Por otro lado, presentó valores de fibra dietética mayores comparado a los de la carne.

Recomendaciones

Realizar un análisis de costos para determinar la factibilidad económica del tratamiento mejor evaluado.

Considerar el uso de otras fuentes de proteína vegetal que se encuentren libres de alérgenos para tener una etiqueta limpia y ampliar el mercado hacia el cual va dirigido.

Realizar un perfil de aminoácidos para determinar la calidad de las proteínas del producto final.

Referencias

- Alimentos. Criterios microbiológicos para inocuidad de los alimentos. RTCA 67.04.50:17 (2018).
- Alokiah B, Alhajali A, Yaziji S. 2014. Identification of some yeasts by fatty acid profiles. *Polish Journal of Microbiology*; [consultado el 20 de jun. de 2022]. 63(4):467–472. <http://www.pjmonline.org/wp-content/uploads/archive/vol6342014467.pdf>.
- Álvarez M, Ochoa M, Hernández G, Núñez M, Rosas B, Gutiérrez E. 2016. Empleo de harina de frijol blanco en panificación. La Habana, Cuba: Instituto de Investigaciones para la Industria Alimentaria; [consultado 04/25/22]. https://www.researchgate.net/profile/Margarita-Nunez-De-Villavicencio-2/publication/305221634_EMPLEO_DE_HARINA_DE_FRIJOL_BLANCO_EN_PANIFICACION/links/57852d7408ae36ad40a4be93/EMPLEO-DE-HARINA-DE-FRIJOL-BLANCO-EN-PANIFICACION.pdf.
- Arévalo S. 2017. Agua en los alimentos [Tesis]. Iquitos, Perú: Universidad Nacional de la Amazonía Peruana; [consultado el 18 de jun. de 2022]. https://repositorio.unapiquitos.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12737/5052/Syumey_Tesis_Titulo_2017.pdf?sequence=1&isAllowed=y.
- Arias S. 2002. Elaboración de un prototipo de frijol cocido, molido, deshidratado para uso instantáneo [Tesis]. Honduras: Zamorano; [consultado el 7 de oct. de 2021]. <https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/75a872fd-788c-4760-802c-4cf5662c04cc/content>.
- Asgar MA, Bhat R, Fazilah A, Huda N, Karim AA. 2010. Nonmeat protein alternatives as meat extenders and meat analogs. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. 9:513–529. doi://%2010.1111%20/%20j.1541-4337.2010.00124.x.
- Bakhsh A, Lee EY, Ncho C, Kim C, Son Y, Hwang Y, Joo S. 2022. Quality Characteristics of Meat Analogs through the Incorporation of Textured Vegetable Protein: A Systematic Review. *Foods*. 11(9). <https://doi.org/10.3390/foods11010105>.
- Bakhsh A, Lee SJ, Lee EY, Hwang Y, Joo S. 2021. Evaluation of Rheological and Sensory Characteristics of Plant-Based Meat Analog with Comparison to Beef and Pork. *Food Science of Animal Resources*; [consultado el 13 de jun. de 2022]. 41(6):983–996. https://www.kosfaj.org/archive/view_article?pid=kosfa-41-6-983.
- Bakhsh A, Lee SJ, Lee EY, Sabikun N, Hwang Y, Joo S. 2021. A Novel Approach for Tuning the Physicochemical, Textural, and Sensory Characteristics of Plant-Based Meat Analogs with Different Levels of Methylcellulose Concentration. *Foods*; [consultado el 5 de jun. de 2022]. 10(3). <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC8000783/>.
- Bohrer B. 2019. An investigation of the formulation and nutritional composition of modern meat analogue products. *Food Science and Human Wellness*; [consultado el 12 de jun. de 2022]. 8(4):320–329. <https://doi.org/10.1016/j.fshw.2019.11.006>.
- Boler DD, Woerner DR. 2017. What is meat? A perspective from the American Meat Science Association. *Animal Frontiers*. 7(4):8–11. doi:10.2527/af.2017.0436.
- Carranza Madrigal J, Alvizouri Muñoz M, Herrera Abarca J, Chávez Carbajal F. 2008. Efectos del aguacate como fuente de ácidos grasos monoinsaturados en lípidos séricos, metabolismo de la glucosa y reología en paciente con diabetes tipo 2. *Medicina Interna de México*; [consultado el 13 de jun. de 2022]. 24(4):267–272. <https://web.s.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?vid=1&sid=580e2dfd-cbda-47ab-8872-1a99ce8e5228%40redis>.

- Cruz Cerón L, Hinojosa Rojas K. 2015. Diseño y construcción de un secador por atomización para la obtención de colorante natural a partir de la remolacha. Riobamba, Ecuador: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo; [consultado el 28 de mar. de 2022]. <http://dspace.espoch.edu.ec/bitstream/123456789/4665/1/96T00297%20UDCTFC.pdf>.
- Dagevos H. 2014. Flexibility in the Frequency of Meat Consumption – Empirical Evidence from The Netherlands. *EuroChoices*; [consultado el 9 de oct. de 2021]. 13(2). <https://doi.org/10.1111/1746-692X.12062>.
- De Angelis D, Kaleda A, Pasqualone A, Vaikma H, Tamm M, Tammik M, Squeo G, Summo C. 2020. Physicochemical and Sensorial Evaluation of Meat Analogues Produced from Dry-Fractionated Pea and Oat Proteins. *Foods*; [consultado el 4 de jun. de 2022]. 9(12). <https://doi.org/10.3390/foods9121754>.
- De Marchi M, Costa A, Goi A, Manuelian C, Pozza M. 2021. Detailed characterization of plant-based burgers. *Scientific Reports*; [consultado el 10 de oct. de 2021]. 11(2049). <https://doi.org/10.1038/s41598-021-81684-9>.
- Derbyshire E. 2017. Flexitarian Diets and Health: A Review of the Evidence-Based Literature. *Frontiers in Nutrition*; [consultado el 7 de oct. de 2021]. 3(35). doi://%2010.3389/fnut.2016.00055.
- Espinosa Manfugás J. 2007. Evaluación sensorial de los alimentos. Ciudad de la Habana, Cuba: Editorial Universitaria. ISBN: 978-959-16-0539-9.
- Etemadi A, Sinha R, Ward M, Graubard B, Inoue-Choi M, Dawsey S, Abnet C. 2017. Mortality from different causes associated with meat heme iron, nitrates, and nitrites in the NIH-AARP Diet and health study: population-based cohort study. *The BMJ*; [consultado el 8 de oct. de 2021]. 357. <https://doi.org/10.1136/bmj.j1957>.
- Euromonitor Internacional. 2019. The future of meat. [sin lugar]: [sin editorial]; [consultado el 11 de oct. de 2021]. <https://www.euromonitor.com/the-future-of-meat/report>.
- [FAO] Organización de la Naciones Unidas para la alimentación y la Agricultura, [OCDE] Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico. 2020. Perspectivas agrícolas 2020-2029. París: OECD Publishing. ISBN: 978-92-64-76266-4; [consultado el 5 de oct. de 2021]. <https://www.oecd-ilibrary.org/docserver/a0848ac0-es.pdf?expires=1654838642&id=id&accname=guest&checksum=73C65B10234FD633B9DD4AE275466C85>.
- Flores L, Ruiz A, Oscanoa A. 2021. Protocolo para determinación de cenizas en microalgas liofilizadas. Informe del Instituto del Mar del Perú; [consultado el 28 de abr. de 2022]. 48(1):8–10. <https://repositorio.imarpe.gob.pe/bitstream/20.500.12958/3537/1/Informe%2048-1%20Articulo2.pdf>.
- Graca J, Godinho C, Truninger M. 2019. Reducing meat consumption and following plant-based diets: Current evidence future directions to inform integrated transitions. *Trends in Food Science & Technology*; [consultado el 7 de oct. de 2022]. 91:380–390. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2019.07.046>.
- Granito M, Guinand J, Pérez D, Pérez S. 2008. Valor nutricional y propiedades funcionales de Phaseolus vulgaris procesada: Un ingrediente potencial para alimentos. *Interciencia*; [consultado el 4 de oct. de 2021]. 34(1):64–70. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2019.07.046>.

- Grasso S, Smith G, Bowers S, Ajayi O, Swainson M. 2019. Effect of texturised soy protein and yeast on the instrumental and sensory quality of hybrid beef meatballs. *Journal of Food Science and Technology*; [consultado el 1 de may. de 2022]. 56:3126–3135. <https://doi.org/10.1007/s13197-018-3552-9>.
- [IICA] Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura, [MAG] Ministerio Agropecuario, [JICA] Agencia de Cooperación Internacional del Japón. 2004. Cadena agroindustrial de la soya. Nicaragua: IICA; [consultado el 1 de abr. de 2022]. <http://repiica.iica.int/docs/B0019e/B0019e.pdf>.
- [INCAP] Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá, [OPS] Organización Panamericana de la Salud. 2012. Tabla de Composición de Alimentos de Centroamérica. 2ª ed. Guatemala: INCAP. ISBN: 99922-880-2-7; [consultado el 15 de may. de 2022]. <http://www.incap.int/mesocaribefoods/dmdocuments/TablaCALimentos.pdf>.
- Ismail I, Hwang Y, Joo S. 2020. Meat analog as future food: a review. *Journal of Animal Science and Technology*; [consultado el 12 de oct. de 2021]. 62(2):111–120. <https://doi.org/10.5187/jast.2020.62.2.111>.
- Kołodziejczak K, Onopiuk A, Arkadiusz S, Poltorak A. 2022. Meat Analogues in the Perspective of Recent Scientific Research: A Review. *Foods*; [consultado el 15 de may. de 2022]. 11(1). <https://doi.org/10.3390/foods11010105>.
- Kyriakopoulou K, Keppler J, van der Goot A. 2021. Functionality of ingredients and additives in plant-based meat analogues. *Foods*; [consultado el 25 de may. de 2022]. 10(3). <https://doi.org/10.3390/foods10030600>.
- Lizama L. 2012. Efecto del uso de dos humos líquidos en las características físicas, químicas, sensoriales y microbiológicas del chorizo Parrillero [Tesis]. Honduras: Zamorano; [consultado el 24 de abr. de 2022]. <https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/97ec3ba1-bdb3-4815-b429-8cbe47d64623/content>.
- Luna Jiménez A. 2006. Valor nutritivo de la proteína de soya. *Investigación y Ciencia*; [consultado el 5 de jun. de 2022]. 14(36):29–34. <https://www.redalyc.org/pdf/674/67403606.pdf>.
- Maningat C, Jeradechachai T, Buttshaw M. 2022. Textured wheat and pea proteins for meat alternative applications. *Cereal Chemistry*; [consultado el 3 de jun. de 2022]. 99:33–66. <https://doi.org/10.1002/cche.10503>.
- Mann N. 2018. A Brief History of meat in the human diet and currently health implications. *Meat Science*; [consultado el 7 de oct. de 2021]. 144:169–179. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2018.06.008>.
- McClements D, Grossmann L. 2021. The science of plant-based foods: Constructing next-generation meat, fish, milk, and egg analogs. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*; [consultado el 5 de jun. de 2022]. 20(4). <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12771>.
- Meade S, Reid E, Gerrard J. 2005. The impact of processing on the nutritional quality of food proteins. *Journal of AOAC INTERNATIONAL*; [consultado el 28 de may. de 2022]. 88(3):904–922. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/16001869/>.
- Ministerio de Salud del Perú. 2008. Norma sanitaria que establece los criterios microbiológicos de calidad sanitaria e inocuidad para los alimentos y bebidas de consumo humano. Lima, Perú: MINSA

- (591-2008/MINSA). 27 de ago. de 2008; [actualizado el 27 de ago. de 2008; consultado 0/25/2022]. <https://www.senasa.gob.pe/senasa/descargasarchivos/2015/07/CRITERIOS-MICROBIOLOGICOS-RM-591-2008-MINSA.pdf>.
- Ministerio de Salud y Protección Social. 2020. Resolución por la cual se establecen los criterios microbiológicos que deben cumplir los alimentos y bebidas destinados para consumo humano. Bogotá, Colombia: [sin editorial]; [consultado el 7 de jun. de 2022]. 24 p. <https://consultorsalud.com/wp-content/uploads/2020/06/Criterios-microbiol%C3%B3gicos-que-deben-cumplir-los-alimentos-y-bebidas-destinados-para-consumo-humano.pdf>.
- Mohamad M, Talib R, Ling N, Shukri R, Saleena F, Mohd M, Abdullah N. 2020. Physical and microstructure properties of oyster mushroom-soy protein meat analog via single-screw extrusion. *Foods*. 9(8). <https://doi.org/10.3390/foods9081023>.
- Papier K, Appleby P, Bradbury K, Tong T, Fensom G, Knuppel A, Perz Cornago A, Schmidt J, Travis R, Key T. 2019. Comparison of Major Protein-Source Foods and Other Food Groups in Meat-Eaters and Non-Meat-Eaters in the EPIC-Oxford Cohort. *Foods*; [consultado el 13 de oct. de 2021]. 11(4). <https://doi.org/10.3390/nu11040824>.
- Paucar Menacho L, Salvador Reyes R, Guillén Sánchez J, Capa Robles J, Moreno Rojo C. 2015. Estudio comparativo de las características físico-químicas del aceite de sacha inchi (*Plukenetia volubilis* L.), aceite de oliva (*Olea europaea*) y aceite crudo de pescado. *Scientia Agropecuaria*; [consultado el 7 de jun. de 2022]. 6(4):279–290. <https://revistas.unitru.edu.pe/index.php/scientiaagrop/article/view/1037>.
- Penna Franca P, Duque Estrada P, Fonseca e Sá B, van der Goot A, Trindade Rocha Pierucci A. 2022. Meat substitutes - past, present, and future of products available in Brazil: changes in the nutritional profile. *Future Foods*; [consultado el 9 de jun. de 2022]. 5. <https://doi.org/10.1016/j.fufo.2022.100133>.
- Petermann F, Leiva A, Martínez M, Duran E, Labraña A, Garrido Méndez A, Celis Morales C. 2018. Consumo de carnes rojas y su asociación con mortalidad. *Revista Chilena de Nutrición*; [consultado el 7 de oct. de 2021]. 45(3). <http://dx.doi.org/10.4067/s0717-75182018000400293>.
- Ramírez Botero C, Gómez Ramírez B, Martínez Galán J, Cardona Zuleta L. 2014. Perfil de ácidos grasos en aceites de cocina de mayor venta en Medellín-Colombia. *Perspectivas en Nutrición Humana*; [consultado el 8 de jun. de 2022]. 16(2):175–185. [doi://10.17533/udea.penh.v16n2a05](https://doi.org/10.17533/udea.penh.v16n2a05).
- Retting M, Hen A. 2014. El color en los alimentos un criterio de calidad medible. *Agro Sur*; [consultado el 27 de mar. de 2022]. 42(2):57–66. <http://revistas.uach.cl/pdf/agrosur/v42n2/art07.pdf>.
- Reyes Bonilla JA. 2014. Las calorías no se comen: Termodinámica y bioquímica. México: Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica; [actualizado el 20 de jul. de 2022]. <https://repensarlafisica.files.wordpress.com/2014/09/las-calorias-no-se-comen-bioquimica.pdf>.
- Rosas JC, Programa de Investigaciones en Frijol (PIF), Escuela Agrícola Panamericana Zamorano, Escoto D, Meza N, inventores. 2016. Propuesta de liberación de la variedad de frijol biofortificado de grano rojo claro brillante "Honduras Nutritivo". Honduras.
- Rosenthal A. 2001. Textura de los alimentos. 1ª ed. [sin lugar]: Editorial Acribia, S.A. ISBN: 978-8420009506.

- Rustan AC, Drevon CA. 2005. Fatty Acids: Structures and Properties. *Encyclopedia of Life Sciences*; [consultado 06/20/22]. doi:10.1038/npg.els.0003894.
- Sadler M. 2004. Meat alternatives — market developments and health benefits. *Trends in Food Science & Technology*; [consultado el 10 de jun. de 2022]. 15(5):250–260. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2003.09.003>.
- Sanhueza J, Valenzuela A. 2006. Receptores nucleares y regulación de la expresión génica por ácidos grasos poliinsaturados: algo más que producción de energía y esencialidad. *Revista Chilena de Nutrición*; [consultado el 5 de jun. de 2022]. 33(2):150–161. https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0717-75182006000200004.
- Santo R, Kim B, Goldman S, Dutkiewics J, Biehl E, Bloem M, Neff R, Nachman K. 2020. Considering Plant-Based Meat Substitutes and Cell-Based Meats: A Public Health and Food Systems Perspective. *Frontiers in Sustainable Food Systems*; [consultado el 6 de oct. de 2021]. 4(134). <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fsufs.2020.00134/full>.
- Schreuders F, Schlangen M, Kyriakopoulou K, Boom R, van der Goot A. 2021. Texture methods for evaluating meat and meat analogue structures: A review. *Food Control*; [consultado el 12 de jun. de 2022]. 127. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2021.108103>.
- Sreeitthiyawet W, Oupathumpanont O, Charoenthaikij P. 2019. Selection of suitable formula for manufacturing meat analogue supplemented with white kidney bean flour and Jerusalem artichoke flour. *Malaysian Applied Biology Journal*; [consultado el 4 de jun. de 2022]. 48(4):83–88. <http://journalarticle.ukm.my/14715/>.
- Stannard C, Institute of Food Science & Technology Today. 1997. *Development and Use of Microbiological Criteria for Foods*. Estados Unidos: [sin editorial]. ISBN: 0905367162; [consultado el 25 de may. de 2022].
- Statista Research Department. 2020. *Vegan market: Statistics and facts*. [sin lugar]: [sin editorial]; [consultado el 10 de oct. de 2021]. <https://www.statista.com/topics/3377/vegan-market/>.
- Steinfeld H, Gerber P, Wassenaar T, Castel V, Rosales M, De Haan C. 2009. *La larga sombra del Ganado: Problemas ambientales y opciones*. Roma, Italia: FAO. ISBN: 978-92-5-305571-5; [consultado el 11 de oct. de 2021]. <https://www.fao.org/3/a0701s/a0701s.pdf>.
- Sun C, Ge J, He J, Gan R, Fang Y. 2021. Processing, Quality, Safety, and Acceptance of meat analogue products. *Enginnering*; [consultado el 15 de may. de 2022]. 7(5):674–678. <https://doi.org/10.1016/j.eng.2020.10.011>.
- Swing C, Thompson T, Guimaraes O, Geornaras I, Engle T, Belk K, Gifford C, Narayanan M. 2021. Nutritional Composition of Novel Plant-Based Meat Alternatives and Traditional Animal-Based Meats. *Journal of Food Science and Technology*.
- Tepic A, Zekovic Z, Kravic S, Mandic A. 2009. Pigment content and fatty acid composition of paprika oleoresins obtained by conventional and supercritical carbon dioxide extraction. *CyTA - Journal of Food*. 7(2):95–102. doi:10.1080/19476330902940382.
- Torres y Torres N, Tovar Palacios A. 2009. La historia del uso de la soya en México, su valor nutricional y su efecto en la salud. *Salud pública de México*; [consultado el 8 de oct. de 2021]. 5(3):246–254. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=10612549011>.

- Valencia Ramírez R, Garzón Albarracín V. 2004. Potencialidades de la soya y usos en la alimentación humana y animal. 2ª ed. Villavicencia, Meta, Colombia: CORPOICA. ISBN: 958-97463-9-X.
- Vanegas Pérez L, Restrepo Molina D, López Vargas J. 2009. Características de las bebidas con proteína de soya. Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín; [consultado el 5 de jun. de 2022]. 62(2):5165–5175. <http://www.scielo.org.co/pdf/rfnam/v62n2/a15v62n2.pdf>.
- Vargas J. 2009. Efectos de la radiación gamma sobre las características físico-químicas, sensoriales y microbiológicas en paprika en polvo (*Capsicum annum* L.). ECIPERU; [consultado el 25 de mar. de 2022]. 6(1):68–71. <https://revistas.eciperu.net/index.php/ECIPERU/article/view/325/314>.
- Witting Rovira E. 2001. Evaluacion sensorial: Una metodología actual para tecnología de alimentos. Universidad de Chile; [consultado el 10 de jun. de 2022]. <https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/121431>.
- Yadav P, Ahlawat S, Soni N, Rani M, Bishnoi S, Jairath G. 2015. Studies on development of meat analogue rolls using various plant sources. International Journal of Research in Agricultural Sciences; [consultado el 13 de jun. de 2022]. 2(2):47–51.