

ESTUDIO DE LOS EFECTOS DE INULINA UTILIZADA EN LA REFORMULACIÓN DE CARNE PROCESADA

STUDY OF THE EFFECTS OF INULIN USED IN THE REFORMULATION OF PROCESSED MEAT

**Juan Serrano-León¹, Michael Lema-Quinatoa¹, David Salgado-Cepeda¹
& Christian Alcívar-León^{1*}**

Recibido: 2 de octubre 2023 / Aceptado: 20 de diciembre 2023

DOI: 10.26807/ia.v12i1.280

Palabras clave: carne procesada, inulina

Keywords: Inulin, processed meat

RESUMEN

La inulina se ha propuesto como un posible candidato para la reformulación de la carne procesada. Sin embargo, su inclusión y el consiguiente rediseño de la receta puede tener implicaciones en los parámetros de calidad. Por lo tanto, el objetivo de esta investigación fue analizar los efectos de la inulina utilizada en la reformulación de la carne procesada en relación con sus parámetros de

¹ Universidad Central del Ecuador, Facultad de Ciencias Químicas, Quito, Ecuador
(jsserranol@uce.edu.ec; mrlema@uce.edu.ec; sithdav@gmail.com; *correspondencia:
cdlacivar@uce.edu.ec)

calidad, tales como composición proximal, color, textura, propiedades tecnológicas y atributos sensoriales. Se realizó una revisión documental de artículos científicos relacionados con el tema, a nivel mundial, en el periodo entre 2000 y 2021. Las evidencias científicas revelaron que, la inulina utilizada en la reformulación de la carne procesada puede modificar los parámetros de calidad, cuando se compara con la carne procesada convencional. El resultado son productos con humedad aumentada, acompañada de colores luminosos, texturas modificadas y atributos sensoriales favorables o desfavorables. Sin embargo, la carne procesada reformulada con inulina obtuvo la misma aceptabilidad sensorial que la carne procesada convencional. Además, su consumo se relacionó con efectos protectores frente a sustancias cancerígenas y con efectos beneficiosos para la salud reportados en estudios *in vivo* e *in vitro*. Se concluye que la inulina puede sustituir la grasa en distintos tipos de carne procesada y ser una fuente significativa de fibra dietética.

ABSTRACT

Inulin has been presented as a potential candidate for the reformulation of processed meat. However, its inclusion and consequent redesign of the food recipe can have repercussions on its quality parameters. Therefore, the present investigation was carried out with the objective of studying the effects of the inulin used in the reformulation of processed meat, on its quality parameters, such as: its proximal composition, color, texture, technological properties and sensory attributes. Through the documentary review of scientific articles related to the subject worldwide, which were found in the period between 2000 and 2021. Scientific evidence revealed that the inulin used in the reformulation of processed meat can modify the quality parameters, when compared to conventional processed meat. Resulting in products with increased humidity, accompanied by bright colors, with modified textures and favorable or unfavorable sensory attributes. However, inulin reformulated processed meat obtained the same sensory acceptability as conventional processed meat. In addition, its consumption was related to protective effects against carcinogenic substances and with beneficial effects for health reported in *in vivo* and *in vitro* studies. It

is concluded that inulin can replace fat in different types of processed meat and can also be a significant source of dietary fiber according to the studies analyzed.

INTRODUCCIÓN

En 2015, la Organización Mundial de la Salud (OMS), definió a la carne procesada como: cualquier tipo de carne apta para el consumo humano que se haya transformado, a través de uno o varios de los siguientes procesos: salazón, curado, fermentación, ahumado u otros procesos para realzar el sabor o mejorar su conservación (OMS, 2015). Agrupa a un sinnúmero de productos como: hamburguesas listas para consumir, salchichas cocidas, tocino, jamón crudo, carne seca, mortadela, entre otros; donde se destacan principalmente sus características sensoriales muy apetecibles. Según Afshin et al. (2019), cada persona consume cerca de 4 g de carne procesada al día; es decir, se consumen aproximadamente 32 millones de toneladas diarias de estos productos en todo el mundo.

El consumo de carne procesada aporta energía y nutrientes esenciales

como: ácidos poliinsaturados-omega-3, proteínas de alta calidad, vitamina B12, hierro en forma biodisponible, selenio, manganeso, cobre, iodo, selenio y zinc (De Smet y Vossen, 2016); que ayudan a tener una dieta equilibrada en los seres humanos. Sin embargo, este tipo de alimentos presentan un perfil nutricional desbalanceado; ya que contienen cantidades elevadas de grasas saturadas, sal, colesterol y aditivos alimentarios en su composición (fosfatos, nitritos y colorantes sintéticos), los cuales, han demostrado ser nocivos para la salud humana (Grasso et al., 2014; Jiménez Colmenero, 2000; Toldrá y Reig, 2011). Además, varias evidencias científicas han demostrado que un elevado consumo de carnes procesadas supone un riesgo de exposición con sustancias carcinógenas prooxidantes, que se generan tanto en su elaboración, almacenamiento y preparación, así como a su paso por el tracto gastro-

intestinal. Entre estas sustancias están: compuestos N-nitrosos (NOC), Aminas Aromáticas Heterocíclicas (HAA), hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP), Acido desoxicólico (DCA), hierro hemo (FEH) y derivados del proceso de peroxidación de la grasa como: malondialdehído (MDA) y 4-hidroxi-2E-hexenal (4-HNE), que se han visto relacionando con el estrés oxidativo y enfermedades inflamatorias en los seres humanos (IARC, 2018). Por lo que su consumo excesivo se ha visto vinculado con el aumento del riesgo de padecer enfermedades no transmisibles (ENT) como: cáncer colorrectal, cáncer de estómago, accidente cerebro vascular y cardiopatía isquémica en los seres humanos (Bechthold et al., 2019; IARC, 2018).

En 2017 el consumo elevado de carne procesada produjo la muerte de 130 mil personas y 3,6 millones de Años de Vida Ajustado por Discapacidad (AVAD) en todo el mundo, siendo la población de los países de ingresos altos y medianos de las zonas urbanas las más afectada, presentando 11 muertes por cada 100 mil habitantes (Afshin et al., 2019).

Particularmente, en Latinoamérica existe un elevado consumo de carne procesada. Los resultados del estudio latinoamericano de nutrición y salud (ELANS) (Kovalskys et al., 2019), donde participaron países como: Argentina, Brasil, Chile, Colombia, Costa Rica, Ecuador, Perú y Venezuela, revelaron que los consumidores frecuentes en las zonas urbanas pueden llegar a consumir en promedio hasta 58,8 g/día de carne procesada, y en algunos casos pueden llegar a consumir hasta 180 g/día de estos productos, apoyados por su nivel socioeconómico. Por lo tanto, se reporta un elevado riesgo de ENT en Latinoamérica relacionadas con una elevada ingesta de carne procesada.

Por ende, surge la necesidad de desarrollar enfoques innovadores para atenuar los efectos que puede traer consigo el consumo elevado de las mismas en la población latina.

Una de las estrategias para atenuar los efectos negativos que conlleva el consumo de carne procesada es a través de su reformulación, mediante la reducción o sustitución de ingredientes alimentarios que se han visto involucrados con efectos negativos

en la salud como: sal, grasa saturada, nitritos, etc. (Olmedilla-Alonso et al., 2013). Sin embargo, la modificación de la receta de la carne procesada puede traer impactos significativos en la calidad del producto, ya que tanto la grasa, sal y otros aditivos alimentarios, cumplen un papel fundamental en parámetros como: sabor, color, textura y estabilidad (Kumar, 2021; Vidal et al., 2021; Xiao-Hui et al., 2022). Por lo que la reformulación de los alimentos supone desafíos tecnológicos en la industria (Grasso et al., 2014; Jiménez Colmenero, 2000).

La inulina es un polisacárido perteneciente a la familia de los fructanos. Debido a que está formado casi en su totalidad por unidades repetidas de moléculas de fructosa (D-fructofurancosa). Generalmente la inulina se presenta como una mezcla hetero dispersa conformada por varios tipos de oligómeros y polímeros de carbohidratos, con distintos grados de polimerización (GP), que va entre 2 a 60 y en algunos casos hasta 100 (Teferra, 2021). Es decir que pueden contener en su cadena polimérica aproximadamente de 2 a 100 moléculas de fructosa.

En la naturaleza, la inulina se puede encontrar distribuida en varias especies de plantas. Según (Teferra, 2021), más de 30 000 especies de plantas contienen inulina. En especial las plantas de las familias Astéreas, Liliáceas, Amarilidáceas y Gramíneas (Apolinário et al., 2014), como por ejemplo: achicoria, alcachofa de Jerusalén, yacón, plátano, dalia, ajo, cebollas, avena, cebada, entre muchas otras más, según consta en la Tabla 1.

Tabla 1. Contenido de inulina en distintos tipos de plantas

Fuente de inulina	Nombre científico	Niveles de contenido de Inulina (en g/100 g de producto fresco)
Plátano	<i>Musa paradisiaca</i>	0,3-0,7
Cebada	<i>Hordeum vulgare</i>	0,5-1,0
Espárragos	<i>Asparagus officinalis</i>	2,0-3,0
Avena	<i>Avena sativa</i>	1,0-4,0
Cebolla bolla paitaña	<i>Allium cepa</i>	1,1-7,5
Alcachofa	<i>Cynara scolymus</i>	2,0-6,8
Cebolla larga	<i>Allium ampelprasum</i>	3,0-10,0
Ajo	<i>Allium sativum</i>	9,0-16,
Raíces de Helenio	<i>Inula helenium</i>	2,0-15,0

Alcachofa de Jerusalén	<i>Helianthus tuberosus</i>	16-20
Raíces de achicoria	<i>Cichorium intybus</i>	35,7-47,6

En la industria, la inulina se ha presentado como un ingrediente alimentario con un gran potencial. Ya que presentan múltiples funcionalidades en la producción de alimentos procesados, debido a sus características hidro-coloidales que pueden aumentar la viscosidad de soluciones acuosas y formar geles con características organolépticas similares a la grasa animal, como por el ejemplo: la sensación de cremosidad en la boca. Por lo que suele utilizarse como: sustituto de la grasa, estabilizante de emulsiones alimentarias, agente espesante y gelificante. (Gupta et al., 2019; Phillips y Williams, 2009a; Shoaib et al., 2016). Además, presenta una gran estabilidad en su procesamiento, en especial a pH mayores o iguales a 5 y a temperaturas de cocción de 100 °C, por lo que se puede aplicar inulina en un amplio espectro de alimentos y bebidas (Glibowski y Bukowska, 2011).

De manera nutricional, la inulina no suele ser metabolizada por los seres

humanos. Esto se debe a sus enlaces β -(2-1) glucosídicos en su estructura química (Ver Figura 3,2), los cuales no son hidrolizables por las enzimas especializadas del sistema digestivo, encargadas de metabolizar los carbohidratos de la dieta como: amilasa, sacarasa y maltasa (MacFarlane, 2018), por lo que se la ha catalogado como una fibra dietética en la dieta humana según la definición brindada por el Codex Alimentarius (CODEX, 2021).

Sin embargo, en el intestino grueso de los seres humanos, algunos microorganismos de la microbiota intestinal, pueden fermentar una pequeña concentración de inulina, proveyendo de energía en la dieta diaria de los seres humanos que va entre 1-1,5 Kcal/g (Coussement, 1999; Loo et al., 1999). Por lo que, también, la inulina suele utilizarse como agente de carga en los alimentos, ya que además de aportar textura y volumen a los alimentos, puede reducir su valor dietético; si es utilizado como sustituto de otros ingredientes alimentarios presentes en los alimentos que tienen un valor dietético mucho mayor (grasa y azúcar) (O'Donnell y Kearsley, 2012).

A pesar de la incapacidad de los seres humanos de digerir la inulina, esta ha presentado propiedades funcionales a su paso por el tracto gastrointestinal, es decir, que puede traer múltiples beneficios a la salud humana. En el estómago, la inulina ha presentado la capacidad de aumentar la viscosidad del contenido gástrico, ralentizando su proceso de vaciado y provocando así un efecto saciante entre las comidas (Capuano, 2017; Grundy et al., 2016) por lo que, se lo ha relacionado con la reducción de peso en niños y adultos (Liber y Szajewska, 2013).

En el intestino grueso, la inulina ha presentado un efecto prebiótico, ya que puede ser utilizado selectivamente para el desarrollo de microorganismos hospedadores como: *Bifidobacterium*, *Lactobacillus* y *Faecalibacterium prausnitzii* (Gibson et al., 2017), los cuales producen efectos beneficiosos para la salud del ser humano. Por lo que, la inulina se ha visto vinculada con efectos beneficiosos para la salud, que incluyen: una mejor función intestinal, disminución de los triglicéridos en la sangre (en especial las lipoproteínas de baja densidad, LDL), aumento de la

sensibilidad de la insulina, aumento del tránsito intestinal, aumento de la sensación de saciedad después de las comidas y aumento de la eficiencia en la absorción de minerales en la dieta como el calcio y el magnesio. (Costa et al., 2021; Hughes et al., 2022; Liber y Szajewska, 2013; Liu et al., 2017). Además, la fermentación de inulina se ha relacionado con la producción de ácidos grasos de cadena corta (AGCC), en especial el butirato, el cual, ha presentado propiedades anticancerígenas contra el cáncer colorrectal; evitando la formación de aductos de ADN, por la exposición de compuesto carcinógenos en el colon, interfiriendo en la desacetilación del ADN y evitando el desarrollo de células carcinógenas por medio de la regulación de la apoptosis de los colonocitos afectados de manera selectiva (Encarnação et al., 2018; Han et al., 2018; Wang et al., 2020; Zeng, Hamlin, et al., 2020; Zeng, Safratowich, et al., 2020).

La Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria (EFSA, 2015), ha declarado que el consumo de al menos 12 g/día de inulina proveniente de la achicoria puede “mejorar la función

intestinal” de los seres humanos. Mientras que la Administración de Alimentos y Medicamentos de los Estados Unidos (FDA), ha reconocido generalmente como segura (GRAS) a la inulina proveniente de raíces de proveniente de raíces de achicoria, por lo que, su aplicación es permitida tanto en alimentos para el consumo humano y fórmulas para recién nacidos (FDA, 2018).

La inulina se presenta como un ingrediente alimentario multifuncional y novedoso que puede ser utilizado para la reformulación de carne procesada. Con el principal objetivo de balancear su perfil nutricional sin cambiar los hábitos alimentarios de la población. Sin embargo, se ha reportado la aplicación de la inulina en la reformulación de la carne procesada como: salchichas secas fermentadas (Mendoza et al., 2001), mortadela (Gil et al., 2006), hamburguesas (Angiolillo et al., 2015), pate (Latoch et al., 2016) y salchichas cocidas (Peña, 2020), con la finalidad de disminuir el contenido de grasa, tener efecto prebiótico y prevenir ENT (enfermedades no transmisibles) como el cáncer colorrectal, sin alterar drásticamente sus propiedades sensoria-

les, obteniendo la misma aceptación sensorial que la carne procesada convencional (Huang et al., 2011).

Sin embargo, en la bibliografía existen pocos estudios acerca de los efectos que produce la utilización de la inulina en la reformulación de la carne procesada, relacionada a los cambios en el perfil/composición nutricional, propiedades tecnológicas y atributos sensoriales.

Es importante destacar, que no se han realizado en gran medida este tipo de estudios debido a la despreocupación por parte de la industria cárnica en mejorar el perfil nutricional de la carne procesada. Además, la falta de un patrón más saludable para el consumidor y el desconocimiento sobre la funcionalidad de la inulina por parte de los fabricantes ha dado lugar a una baja disponibilidad de conocimientos. Por lo tanto, existe poca oferta de esta carne reformulada en el mercado generando insatisfacción en los consumidores que buscan alternativas más saludables. Además, del escaso uso de la inulina en la reformulación de estos productos, desaprovechando los beneficios a la salud humana, como posible dismi-

nución del riesgo de altas concentraciones de triacilglicerol, reducción del pH del intestino, brindando ayuda para aliviar el estreñimiento y aumentando la carga o velocidad de las heces (conocido como efecto de volumen), disminución del riesgo de muchas enfermedades del tracto intestinal, particularmente las enfermedades del intestino irritable y el cáncer de colon y mejora de la absorción de calcio, magnesio y hierro (Shoaib, 2016)

Finalmente, es importante mencionar que la tendencia de consumo de car-

ne procesada convencional seguirá en desarrollo, lo cual aumenta el riesgo de padecer ENT en sus consumidores. Por este motivo se debe incentivar los estudios de la reformulación de la carne procesada con inulina, a fin de mitigar los riesgos asociados con ENT.

Por lo tanto, a continuación, se tratan los efectos que produce la inulina cuando es utilizada en la reformulación de la carne procesada, especialmente en su composición proximal, propiedades tecnológicas y atributos sensoriales.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizó una búsqueda de información en fuentes primarias, en especial, artículos publicados en revistas científicas pertinentes, que aporten información inédita sobre el tema de investigación. Los cuales, se hallaron de manera virtual en el motor de búsqueda Google Académico, que indexa automáticamente la información de la web académica, de revistas científicas como: Elsevier, Wiley Online Library, Nature, Taylor y Francis, SciELO, American Chemi-

cal Society, entre otras. Además, Google Académico ayuda con herramientas como la búsqueda avanzada y la aplicación de operadores booleanos, que facilitan la recolección eficiente de metadatos de forma sencilla.

Como primer paso, en la investigación, se realizó una búsqueda bibliográfica rápida en Google Académico, sobre estudios que desarrollaron reformulación de carne procesada uti-

lizando inulina, con el fin de crear un grupo control de literatura científica conformada por fuentes de información relevantes para la investigación. Como resultado, se hallaron ocho documentos en idioma inglés y español de información inédita sobre la inulina y carne procesada, que correspondieron especialmente a artículos científicos originales. La selección de estos artículos fue con la intención de extraer términos relacionados entre los artículos científicos del grupo control, localizados tanto en el título y en sus palabras claves.

Entre las palabras clave empleadas para la búsqueda de información constaron: Inulin, Beef Burger, Functional food, Sausage, prebiotic, Fibre, Mortadella, Processed meat, Inulin-fortification, Pate, Inulin replacing, Emulsion-type, Inulin-rich. Los cuales ayudaron a la búsqueda sistemática de la información, en la amplia fuente de documentos científicos que ofrece Google Académico.

Como segundo paso, se tomaron los términos interrelacionados de los artículos científicos seleccionados en el grupo control, y se buscaron sus respectivos sinónimos tanto en inglés y

en español, con el propósito de ampliar la búsqueda de información en los motores de búsqueda (embutidos o salchichas; carne molida o carne picada también conocida en inglés como mincemeat o patty, etc.). Ya con todos los términos obtenidos, se comenzó a crear cadenas de búsqueda mediante la combinación de términos y palabras claves apoyados por operadores booleanos como: “OR”, “AND”, allintitle etc. En total, se crearon 8 cadenas de búsqueda que involucraron tanto a términos en español e inglés, los cuales, se introdujeron en el buscador de Google académico, siguiendo las especificaciones de su sitio web para realizar búsquedas avanzadas.

La búsqueda se limitó en el periodo entre 2000-2021, con la intención de explorar toda la información científica que se ha generado sobre la inulina y la carne procesada, desde el comienzo de la última década, dando además una visión amplia sobre el conocimiento que ha surgido alrededor de este tema a través del tiempo. También, la revisión documental se realizó a nivel mundial, debido a que, se deseaba examinar el estado, en el cual, se encontraban las investigacio-

nes de inulina en carnes procesadas por parte de todos los grupos de investigación. Se aceptaron experimentos que utilizaron las raíces de la alcachofa de Jerusalén y achicoria, como ingrediente alimentario en la reformulación de carne procesada. Ya que sus raíces poseen hasta un 80 % de inulina (calculado en base seca) (FDA, 2018), por lo que, representan una fuente de inulina que es de gran interés en este estudio.

Como tercera etapa, se excluyeron cuatro cadenas de búsqueda que contenía varios artículos a revisar (más de 200 artículos) y que además repetía los mismos resultados entre las cadenas de información, entorpeciendo la búsqueda sistemática en cuestión. Las cuatro cadenas sobrantes dieron como resultado 204 artículos en total, por lo que, fueron aceptados debido al número de artículo controlables. También se excluyeron a los artículos que ensayaron con una fibra diferente a la inulina, o que a su vez se experimentó con una mezcla de fibras donde la inulina estuvo involucrada.

Se simplificó aún más la información, ya que algunos artículos científicos

poseían algunas interferencias para la investigación. Como, por ejemplo, los estudios de reformulación de carne procesada con inulina y al mismo tiempo la reducción de su contenido de sal o fosfatos mediante el enriquecimiento de cloruro de potasio o la sustitución con citrato respectivamente, los cuales, pueden afectar significativamente a las propiedades de calidad de las carnes procesada según (Nowak et al., 2007). Por lo que pueden contrastar los efectos de la inulina en la carne procesada. Por otra parte, se omitieron los estudios que utilizaron derivados de la inulina de cadena corta, también llamados fructooligosacáridos, donde su uso no es recomendado por la FDA para estos productos. A su vez se excluyó, artículos científicos con poca relevancia, debido a su deficiente citación en otros trabajos de investigación. Además, se excluyeron artículos de revisión e información de tesis no relevante para el tema de investigación. En consecuencia, se aceptaron 41 artículos científicos en conjunto con el grupo de control, los cuales, cumplieron con los criterios de exclusión y aportaron información relevante para la presente investigación. En la Figura 1,

se muestra el origen de los artículos según la base de dato científica publicada, en donde Elsevier, Wiley Li-

brary y otros independientes concentraron la mayor parte de investigaciones relacionadas con el tema.

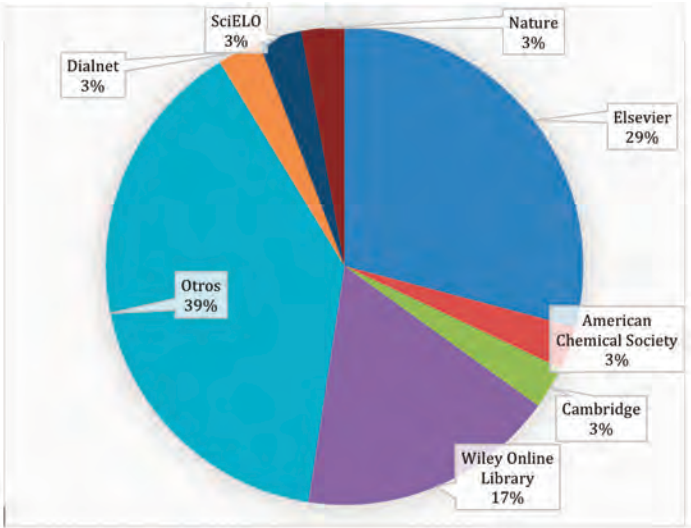


Figura 1. Origen de las fuentes de información sobre carne procesada reformuladas con inulina

RESULTADOS

Situación actual

La recopilación y organización de la información bibliográfica a través del tiempo (Figura 2), mostró que en el año 2019 se realizaron más investigaciones sobre la utilización de la inulina en la reformulación de la car-

ne procesada, suponiendo un interés reciente sobre estos alimentos y su desarrollo. Por el contrario, en los años 2014, 2016 y el periodo comprendido entre 2000 y 2010, hubo pocas publicaciones acerca del tema, debido a la falta de información sobre la inulina y su aplicabilidad en

la carne procesada; además, de la declaración de la carne procesada como sustancia “carcinógena para los seres humanos” por parte de la Agencia Internacional de Investigación sobre el Cáncer (IARC) en el año

2015 (Bouvard et al., 2015). Sin embargo, desde el 2019, se evidenció un crecimiento sobre las investigaciones de la reformulación de la carne procesada con inulina hasta la actualidad.



Figura 2. Número de artículos científicos ordenados por año de publicación

Cabe destacar que la disminución de publicaciones en 2020, se asocia a la emergencia del COVID-19 que no permitió que los equipos de investigación pudieran realizar sus trabajos con normalidad (Shamim, 2022).

Aplicaciones de la inulina en la reformulación de la carne procesada

La inulina puede ser usada para dis-

tintas estrategias de reformulación de la carne procesada, tanto como sustituto de la grasa o como fuente de fibra dietética.

Como sustituto de la grasa

Varias investigaciones que constan en la Tabla 2, tomaron la estrategia de reformular la carne procesada mediante la reducción de la grasa y la adición de inulina, con el objetivo

principal de reducir la ingesta de grasa en los consumidores de productos cárnicos; además, una posible disminución del riesgo de altas concentraciones de triacilglicerol, ayuda para aliviar el estreñimiento, disminución del riesgo de enfermedades del tracto intestinal, particularmente

las enfermedades del intestino irritable y el cáncer de colon (Shoaib, 2016), reduciendo además, la probabilidad de enfermedades como la obesidad, enfermedades cardiovasculares, etc. (Kris-Etherton y Krauss, 2020).

Tabla 2. Estudios sobre la reformulación de carne procesada que se enfocan en la reducción de grasa utilizando inulina como sustituto

Producto	Tipo de carne procesada	Descripción de la inulina utilizada	Estrategia de reformulación	Contenido de grasa en /100g	Posible reducción	Referencia
Hamburguesas de res	Carne procesada cruda	Inulina comercial (Raffiline HP en polvo/Orafti) proveniente de raíces de achicoria	Sustitución de grasa por inulina y manteniendo a los otros ingredientes	12,34	Exitoso hasta un 50 %	(Archer et al., 2004)
Nuggets de cordero				10	Exitoso hasta un 25 %	(Gadekar et al., 2016)
Salchichas de cerdo secas y fermentadas	Embutidos fermentados		Sustitución de grasa por inulina y adición de carne de res y chancho	25	Exitoso hasta un 40-50 %	(Mendoza et al., 2001)
Salchichas de pollo secas y fermentadas			Sustitución de grasa por inulina disminución de agua y proteína de soya aumento de carne de pollo	17	Exitoso hasta un 52,9 %	(Menegas et al., 2017)

Hamburguesas de res	Carne procesada cruda	Extracto de raíces de alcachofa de Jerusalén	Sustitución de grasa por inulina y manteniendo a los otros ingredientes	20	Exitoso hasta un 75 %	(El-Beltagy et al., 2007)
Salchichas de res secas y fermentadas	Embutidos fermentados			20	Exitoso hasta un 25 %	(Özer, 2019)
Salchichas cocidas cocida	Carne procesada			5,4	Exitoso hasta un 62 %	(Afoakwah et al., 2015a)
Salchichas cocidas	Carne procesada cocida	Inulina comercial (Fibruline XL en polvo / Cosucra) proveniente de raíces de achicoria	Sustitución de grasa por inulina Aumento de agua	18	Exitoso hasta un 67 %	(Berizi et al., 2017)
Hamburguesas de res	Carne procesada cruda	Extracto de raíces de achicoria	Sustitución de grasa por inulina y manteniendo a los otros ingredientes	20	Exitoso hasta un 75%	(El Zeny et al., 2019)
Salchichas de cerdo secas y fermentadas	Embutidos fermentados	Inulina comercial (Fibruline en polvo/ Cosucra) ingredientes	Sustitución de grasa por inulina y manteniendo a los otros	25	Exitoso hasta un 64 %	(Glisic et al., 2019)
Pate de gallina pintada	Carne procesada precocida	Inulina comercial (Orafti HP en polvo/ Beneo-Orafti Ltd) proveniente de raíces de achicoria	Sustitución de grasa por inulina y manteniendo a los otros ingredientes	22	Exitoso hasta un 25 %	(Latoch et al., 2016)
Pate de pollo			Sustitución de la grasa por inulina . Aumento de carne de cerdo y disminución del de agua y especias.	12	Exitoso hasta un 20-34 %	(Zwolan et al., 2017)
Mortadela				39	Exitoso hasta un 35,4 %	(Gil et al., 2006)

Salchichas de cerdo	Carne procesada cocida	Inulina comercial (FruitaFit Tex en polvo /Imperial Sensus) proveniente de raíces de achicoria	Sustitución de la grasa por inulina Adición de carne de res y disminución de pan molido	25	Exitoso hasta un 60 %	(Hayes et al., 2011)
Salchichas de pollo	Carne procesada cocida	Inulina comercial (Raffiline ST en polvo/ Orafiti) proveniente de raíces de achicoria	Sustitución de grasa por inulina, manteniendo a los otros ingredientes	18,3	Exitoso hasta un 50 %	(Jerez, 2012)
Emulsión cárnica experimental	Carne procesada cocida	Inulina comercial (Raffiline ST en polvo/ Orafiti y FruitaFit® Inulin TEX/ Sensus América) proveniente de raíces de achicoria	Sustitución de la grasa por inulina Aumento de agua	12,5	Exitoso hasta un 37,5 %	(Álvarez & Barbut, 2013)
Salchichas de pollo			Sustitución de la grasa por inulina Aumento de carne de pollo	15	Exitoso hasta un 100 %	(Alaei et al., 2018)
Salchichas estilo Thai	Carne procesada cocida	Inulina comercial (Inulina en polvo/ Jebsen & Jessen Technology) proveniente de raíces de achicoria	Sustitución de la grasa por inulina y manteniendo a los otros ingredientes	12,2	Exitoso hasta un 30 %	(Prapasuwannakul, 2018)

Nota: N/E= NO REPORTA

Se utilizó inulina comercial para la reformulación de hamburguesas de res, hamburguesas y *nuggets* de pollo, aunque también se emplearon extractos naturales de fuentes ricas en inulina como son: raíces de achicoria y alcachofa de Jerusalén (El-Beltagy et al., 2007). Asimismo, los estudios demostraron que las estrategias que suelen tomar para la reformulación de estos productos se basan en la modificación de la receta, en especial la reducción del contenido de la grasa en su composición y manteniendo las mismas cantidades de los otros ingredientes presentes en el producto como: especias, sal y aditivos alimentarios.

Como fuente de fibra dietética

Algunos estudios enriquecieron con inulina a distintos tipos de carne procesada y a diferencia del caso anterior no se redujo los niveles de grasa en su composición teniendo el porcentaje de grasa constante. El propósito de añadir inulina fue: a)

mejoramiento en la reología, b) enriquecer con fibra dietética a la carne procesada, la cual, tiene niveles deficientes de este nutriente, c) aumentar la ingesta de fibra dietética en la dieta diaria de sus consumidores.

Cabe destacar que, existe un desequilibrio entre el consumo de carne procesada y fibra dietética a nivel mundial, es decir, que se consume menos fibra dietética y más carne procesada en la dieta de los seres humanos (Afshin et al., 2019). Por lo que, el enriquecimiento de la carne procesada con inulina supone una fuente de fibra dietética potencial, en donde los consumidores se pueden beneficiar sin modificar sus hábitos nutricionales.

En la Tabla 3 se exhibe el tipo de carne procesada enriquecida con inulina, la descripción de la inulina utilizada, la estrategia de reformulación y el posible enriquecimiento CON inulina en cada uno de los productos.

Tabla 3. Estudios sobre la reformulación de carne procesada que se enfocan en el enriquecimiento de fibra dietética utilizando inulina

Producto	Tipo de carne procesada	Descripción de la inulina utilizada	Estrategia de reformulación	Posible enriquecimiento	Referencia
Hamburguesas de res	Carne procesada cruda	Inulina comercial (Raffiline HPX en polvo/Orafti) proveniente de raíces de achicoria	Enriquecimiento con inulina a la receta original	1	(Cegiela y Tambor, 2012)
Hamburguesas de res	Carne procesada cruda	Inulina comercial (Raffiline HPX en polvo/ Orafti) proveniente de raíces de achicoria	Enriquecimiento con inulina a la receta original	9	(Angiolillo et al., 2015a)
Hamburguesas de pavo	Carne procesada cruda	Inulina comercial (Inulina en polvo/ TAGROCH) proveniente de raíces de achicoria	Enriquecimiento con inulina a la receta original	2	(Burdzy et al., 2021)
Salchichas tipo viena	Carne procesada cocida	Inulina comercial (Inulina en polvo de Megafa de raíces de achicoria	Enriquecimiento con inulina a la receta original	4,5	(Villalobos et al., 2010)
Salchichas de cerdo	Carne procesada cocida	Inulina comercial (Fruitafit Tex en polvo / Imperial Sensus) proveniente de raíces de achicoria	Modificación de la receta con menos pan molido que la receta original, debido al enriquecimiento de inulina	5	(Hayes et al., 2011)

Salchichas estilo chino	Carne procesada cocida	N/E	Enriquecimiento con inulina a la receta original	7	(Huang et al., 2011)
Chorizo	Carne procesada cocida	Inulina comercial (Orafti-HP en polvo / Beneo-Orafti Ltd.) proveniente de raíces de achicoria	Enriquecimiento con inulina a la receta original	10	(Fernández et al., 2019)

Nota: N/E= NO REPORTA

Por lo general, la inulina fue añadida directamente a los productos, sin modificar su receta original, sin embargo, Hayes et al. (2011) y Gil et al. (2006), modificaron la receta de sus productos cuando se añadió inulina, disminuyendo la cantidad de carne, agua, extensores cárnicos y especias. Por otra parte, se ha experimentado en menor proporción el enriquecimiento de carne procesada cruda como: hamburguesas de res, pollo y pavo con inulina, en donde también se suministró solamente inulina comercial y no se cambió su receta original.

Efectos de la inulina utilizada como sustituto de la grasa en la reformulación de la carne procesada

Composición inmediata o proximal

Se demostró que la reformulación de carne procesada con inulina puede aumentar la humedad de casi todos los productos. Autores (Álvarez y Barbut, 2013b; Berizi et al., 2017; El Zeny et al., 2019; El-Beltagy et al., 2007; Menegas et al., 2017), identifican a este fenómeno causado por la adición voluntaria de más agua en la elaboración de estos productos, compensando la modificación de la receta en su reformulación. Mientras que otros investigadores vinculan este efecto con la capacidad de retención de agua que puede presentar la inulina, evitando así la pérdida del agua en su posterior análisis (Afoak-

wah et al., 2015; Alaei et al., 2018; Álvarez y Barbut, 2013; Özer, 2019 y Peña, 2020). Gil et al. (2006), menciona que, en la elaboración de geles de inulina como análogos de la grasa, se agrega agua adicional para su disolución; por lo que, al ser utilizados como sustitutos de la grasa, pueden aumentar el porcentaje de humedad accidentalmente.

En algunos casos aumentó el contenido de proteína y cenizas, como en el desarrollo de hamburguesas de res bajas en grasa, en donde, se utilizó extractos de alcachofas de Jerusalén (El-Beltagy et al., 2007) y achicoria (El Zeny et al., 2019). Este efecto pudo ser debido a que la inulina no fue aislada de la alcachofa de Jerusalén, en comparación con la inulina comercial, por lo que, puede presentar una cantidad moderada de proteínas y cenizas en su matriz como interferencias. Sin embargo, también este fenómeno se produjo cuando se utilizó inulina comercial en algunos estudios (Alaei et al., 2018; Gómez-Muriel et al., 2021; Hayes et al., 2011; Mendoza et al., 2001b; Menegas et al., 2017), siendo provocado por la compensación de la reformulación del producto, en donde se agregó in-

gredientes como: carne, agua, almidón, entre otros, siendo los principales factores que modificaron el contenido de proteína y ceniza en este caso.

La modificación de la composición proximal en la carne procesada reformulada afecta al etiquetado nutricional de estos alimentos, ya que el aumento de sustancias como proteínas y carbohidratos pueden aumentar el valor calórico de los alimentos, poniendo en duda el objetivo de reducir las calorías de estos alimentos mediante la sustitución de la grasa con inulina. Además, se puede cometer el error de tomar a la inulina como un carbohidrato asimilable en la composición proximal de los alimentos, lo que puede generar errores a la hora de su etiquetado. También el aumento de humedad puede poner en riesgo la calidad e inocuidad de estos alimentos, ya que se incrementa la actividad de agua (aw), que es la disponibilidad de agua que tiene un producto, la modificación de este factor intrínseco favorecerá el crecimiento de microorganismos alterantes (Tapia et al., 2008), además, puede ocurrir sinéresis que es la migración de agua, que viene del interior del producto. Los

consumidores asocian este efecto con un problema en la calidad y produce una mala imagen de este (Khazaei et al., 2020).

En color

En la Tabla 4 se muestran los efectos sobre el color instrumental.

Tabla 4. Efectos de la inulina utilizada en la reformulación de productos cárnicos según el análisis de color instrumental CIEL*a*b*

Producto	Efectos sobre el análisis de color instrumental CIEL*a*b*	Referencia
Salchichas de cerdo estilo Lyon y de hígado	Disminución valores L* (oscurecimiento)	Tomaschunas et al. (2013)
Salchichas de pollo y hamburguesa de res	Aumento valores L* (luminosidad)	Araujo et al. (2021); El-Beltagy et al. (2007)
Salchichas de pollo secas y fermentadas	Aumento del valor de a* y el índice de color rojo (a*/b*)	Menegas et al. (2017)
Salchichas de pollo		Alaei et al. (2018)
Salchichas cocidas		Berizi et al. (2017)
Salchichas de cerdo		Hayes et al. (2011)
Salchichas de carne triturada	Aumento de valores b*	Yoo et al. (2007),
Salchichas de pollo	Disminución de valores b*	Jerez (2012)

En textura

Alaei et al. (2018), Álvarez y Barbut (2013), Gil et al. (2006), Menegas et al. (2013) y Prapasuwannakul (2018), reportaron un aumento en la dureza de la carne procesada reformulada con inulina en polvo, provocando productos más compactos y firmes conforme se adicionaba mayor cantidad del sustituyente.

Zhang et al. (2020), evaluó los efectos que tiene la inulina en polvo sobre la miosina; una proteína cárnica involucrada directamente con la gelificación de carne procesada cocida, demostrando que la inulina hasta un 5 % P/V en una solución de miosina (20 mg/mL), puede promover la transformación de la estructura secundaria, terciaria y cuaternaria de la miosina, exhibiendo más grupos hidrofóbicos y grupos sulfhídricos en solución, lo cual mejoró la fuerza de gel y la microestructura de la miosina en el estudio.

La adicción de otros ingredientes como proteína cárnica y reducción de la grasa también pueden verse involucradas en su cambio de dureza.

Por otra parte, Álvarez y Barbut (2013), Latoch et al. (2016) y Gil et al. (2006) mencionaron en sus estudios que la aplicación de inulina en gel reduce la dureza del producto, provocando texturas más suaves y blandas según se iba adicionando más concentración de inulina en gel. Como se mencionó anteriormente, la reducción de grasa en carne procesada suele generar texturas más duras y firmes, por lo que la inulina en gel pudo simular las propiedades texturales de la grasa animal en estos alimentos contrarrestando los efectos negativos de la reducción de la grasa y además proporcionando más suavidad a estos productos según Latoch et al. (2016) y Gil et al. (2006). No obstante, Álvarez y Barbut (2013), observaron microscópicamente que partículas gelificadas de inulina pueden interferir entre la conexión de componentes presentes en matrices cárnicas, provocando discontinuidad en su estructura tridimensional, lo cual puede desestabilizar su estructura tridimensional y en consecuencia a su dureza cuando es sometido a análisis de perfil de textura (TPA), el cual es un procedimiento instrumental cuyo modo de acción de dos presiones simula el patrón de mordi-

da de la cavidad bucal humana y permite cuantificar parámetros tales como dureza, gomosidad, masticabilidad, elasticidad, cohesividad (Peleg, 2019). Adicionalmente, la aplicación de extractos naturales de inulina produjo texturas más suaves cuando los productos fueron sometidos a TPA, como bien afirman los estudios de Afoakwah et al. (2015) y Özer (2019). Los autores describieron este fenómeno debido a la naturaleza de los extractos de inulina que pueden aportar proteínas, carbohidratos y fibra dietética en la matriz cárnica, las cuales tienen la funcionalidad de unión y retención de agua, generando un efecto de dilución en la carne procesada y suavizando físicamente su estructura.

Por lo que la inulina extraída de manera natural también puede simular las características texturales de la grasa animal utilizada en la elaboración de carne procesada de manera similar que la inulina en gel.

Estudios han reportado que la reducción de la grasa en la elaboración de salchichas secas fermentadas ocasiona una menor adhesividad que el producto original, causado principal-

mente por la falta de lubricidad que proporciona la grasa en estos alimentos (Keenan et al., 2014 y Mendoza et al., 2001).

La inulina puede aumentar la adhesividad llegando a equiparar a los embutidos fermentados con todo su contenido de grasa convencional, independiente de su forma de aplicación y en donde su concentración juega un papel importante para lograr este efecto (Mendoza et al., 2001; Özer, 2019 y Menegas et al., 2013).

Yoo et al. (2007), describe que la cohesividad en salchichas cocidas suele aumentar significativamente en estos productos cuando la grasa ha sido retirada casi en su totalidad. Se ha demostrado que la reducción de grasa y la inclusión de la inulina en carne procesada no generan cambios en la cohesividad, independientemente de su forma de aplicación, cuando son sometidos a TPA. Por lo que la inulina puede proporcionar la misma cohesividad que tienen la grasa animal en la carne procesada.

Sin embargo, Prapasuwannakul (2018) y Hayes et al. (2011), describieron

que la aplicación de inulina tanto en gel y polvo produjo el aumento de la cohesividad cuando se compararon con sus contrapartes convencionales, pero hubo un punto en que la cohesividad disminuyó repentinamente, en especial cuando se colocó el máximo nivel de inulina experimentado por los autores, llegando en algunos casos a equiparar la cohesividad de los productos convencionales. Mientras que Berizi et al. (2017), encontró que la aplicación de inulina en polvo puede disminuir la cohesividad en la reformulación de la carne procesada. Cabe destacar que la adhesividad y cohesividad son parámetros importantes en la calidad sensorial y la tecnología de la carne procesada, ya que si un producto es excesivamente adhesivo y cohesivo puede dificultar el loncheado o cortado de estos alimentos en el proceso de empaquetamiento, además de que puede provocar sensaciones desagradables y pegajosas que pueden llevar a su rechazo por parte del consumidor (Menegas et al., 2013).

Estudios han documentado que la reducción solamente del contenido de grasa en carne procesada provoca el aumento de su elasticidad y mas-

ticabilidad, produciendo texturas muy elásticas y demasiado compactas que dificultan ingestión de los alimentos, por lo que pueden afectar a la calidad sensorial de estos (Yoo et al., 2007 y Gil et al., 2006). La inulina puede compensar la reducción de elasticidad y masticabilidad de carne procesada baja en grasa, pero no puede igualar todos estos parámetros cuando se compararon con la carne procesada que presentaba todo su contenido de grasa original. Este fenómeno se debe a las propiedades texturales de la inulina, la cual puede fortalecer la reología de estos alimentos, mejorando su elasticidad y masticabilidad a un nivel más o menos aceptables.

La gomosidad aumentará si aumentan los valores de cohesividad y dureza en un alimento (Alaei et al., 2018). En consecuencia, la reducción de grasa en carne procesada también suele causar el aumento de su gomosidad, causando alimentos con textura harinosas y más difíciles de desintegrar en la ingestión (Yoo et al., 2007).

Algunos estudios mostraron que la adición de inulina en gel o en forma

de extracto natural puede disminuir la gomosidad de manera similar que la grasa animal utilizada convencionalmente (Afoakwah et al., 2015; Alaei et al., 2018; Gil et al., 2006 y Prapasuwannakul, 2018), mientras que, otros estudios describieron que la inulina en polvo provoca un aumento de gomosidad en la carne procesada baja en grasa (Álvarez et al., 2013; Hayes et al., 2011).

Atributos sensoriales

La inclusión de extractos de inulina e inulina en gel provocaron el aumento de la jugosidad en comparación con la carne procesada convencional. En tanto que, otros autores señalaron que la utilización de inulina en polvo produjo carne procesada menos jugosa que su grupo control.

Según El-Beltagy et al. (2007), los extractos de inulina pueden aumentar la terneza y masticabilidad de hamburguesas debido al hinchamiento de las moléculas de inulina durante la cocción, las cuales pudieron expandir la matriz cárnica de las hamburguesas de res y provocar sensaciones más suaves cuando se consumieron estos alimentos en su evaluación sensorial.

En algunos casos la inclusión de inulina aumentó el sabor y olor de la carne procesada con inulina en su evaluación sensorial cuando fueron comparados con el control, y en otros, disminuyó sus notas de sabor y olor independiente de su forma de aplicación. Según Tomaschunas et al. (2013), esto se debe a la modificación de la fase acuosa y lipídica, causada por la reducción del contenido de grasa y el aumento de la concentración de agua en estos productos, lo cual dificulta la liberación de compuestos aromáticos volátiles característicos en su evaluación sensorial que resulta en la disminución de las notas de sabor y olor. Sin embargo, se ha demostrado que la inulina puede comportarse como un compuesto lipofílico exhibiendo grupos apolares en su estructura, por lo cual pudo atrapar compuestos aromáticos que potenciaron el sabor y el olor de la carne procesada reformulada con inulina al momento de que los jueces evaluaron sensorialmente.

Propiedades tecnológicas

Algunos estudios demostraron que la inulina puede disminuir las pérdidas de cocción y aumentar la estabilidad emulsificante de la carne procesada

cuando es utilizado como sustituto de la grasa independiente de su forma de aplicación (Afoakwah et al., 2015; Álvarez y Barbut, 2013; Araujo et al., 2021 y Zwolan et al., 2017), lo cual puede mejorar la calidad y rendimiento de producción de estos alimentos. Sin embargo, los autores también reportaron que, a niveles de sustitución de grasa elevadas la inulina puede provocar efectos adversos en la carne procesada; causando aumento de pérdidas de cocción ya que pudo interferir en la conexión de los componentes presentes en la matriz cárnica, provocando numerosos poros en su estructura lo cual pudo apoyar al aumento de perdidas por cocción (Álvarez y Barbut, 2013). Este fenómeno se pudo contrastar con el estudio de Latoch et al. (2016), en donde se reportó que el uso de inulina en gel aumentó significativamente las pérdidas de cocción de pate de gallina. Cabe destacar que la disminución de grasa en emulsiones cárnicas resulta en productos con una elevada perdida de cocción y disminución de su estabilidad (Álvarez & Barbut, 2013), por lo que la inulina pudo compensar los defectos tecnológicos que trae consigo la reducción de grasa en la carne procesada. Como se mencionó anterior-

mente, la inulina a bajas concentraciones (5 %, P/V) puede interactuar con la estructura proteica de la mio-sina, produciendo geles más fuertes y resistente en su procesamiento térmico (Zhang et al., 2020), por lo que pudo restringir las pérdidas de cocción y mejorar el porcentaje de rendimiento.

Por otra parte, la utilización de la inulina no provocó cambios en su actividad y capacidad de retención de agua. Solamente Berizi et al. (2017) y Prapasuwannakul (2018), reportaron un aumento significativo en su actividad de agua, los cuales se vincularon con la adición de mayor cantidad de agua en la reformulación y con la adición de geles de inulina que suelen contener moléculas de agua en matriz polimérica. Mientras que El-Beltagy et al. (2007) documentaron un aumento de la capacidad de retención de agua en hamburguesas de res con inulina bajas en grasa, la cual se vinculó con las propiedades hidro-coloidales de la inulina y las proteínas presentes en los extractos naturales de inulina, que pudieron aumentar la capacidad de retención de agua (CRA) de la carne procesada reformulada con inulina.

El pH y el análisis microbiológico no se vieron afectados por la utilización de inulina en la reformulación de distintos tipos de carne procesada (El-Beltagy et al., 2007; Gadekar et al., 2016). Sin embargo, Menegas et al. (2017) y Özer (2019), reportaron en embutidos fermentados una disminución de pH en su periodo de fermentación cuando se utilizó a la inulina como sustituto de la grasa, lo cual se atribuyó a: a) la presencia de sustratos alimenticios en los extractos naturales de inulina (proteínas, aminoácidos y carbohidratos) que pudieron ser metabolizadas por bacterias ácido lácticas, b) utilización específica de la inulina por los probióticos, lo cual pudo aumentar la acidez del producto por presencia de mayor cantidad de ácido láctico en el producto. Cabe destacar que la reducción de pH en embutidos fermentados causada por la presencia de la inulina puede inhibir el crecimiento microbiano de patógenos en estos alimentos, por lo que podría mejorar su estabilidad y vida útil.

Efectos de la inulina utilizada como fuente de fibra dietética en la reformulación de la carne procesada

Composición proximal

Angiolillo et al. (2015) y, Cegiela y Tambor (2012) utilizaron inulina en gel lo que produjo un aumento de la humedad, debido al exceso de agua empleado para la formación del gel. Mientras que en el estudio realizado por Gil et al. (2006), se evidenció que el enriquecimiento de inulina en mortadela fue a costa de reducir la cantidad de agua en su receta original, provocando la disminución del porcentaje de humedad. Huang et al. (2011) enriqueció directamente salchichas estilo chinas con inulina en polvo, produciendo la disminución de su contenido de humedad, que se vio vinculada con la disminución de la capacidad de retención de agua.

El excedente de agua e inulina en la reformulación de productos cárnicos ocasionó la dilución de los macronutrientes, reduciendo su contenido en su composición proximal. Esto también provocó un aumento en el contenido de cenizas debido a la presencia de minerales tanto en el agua y la inulina comercial (Gómez-Mu-

riel et al., 2021; El-Beltagy et al., 2007; Glisic et al., 2019; Alaei et al., 2018).

Color

Según Angiolillo et al. (2015), Hayes et al. (2011) y Huang et al. (2011), el enriquecimiento de inulina puede aumentar los valores de L^* en hamburguesas de res, causado por el color blanco cremoso que aporta la inulina en gel. Sin embargo, Burdzy et al. (2021), contradictoriamente documentó que la inulina disminuye los valores L^* en hamburguesa de pavo, provocado por la integración entre la inulina en polvo y las proteínas de la carne, que dan como resultado una matriz compacta que limita la dispersión de la luz en el producto. Por otra parte, Angiolillo et al. (2015), también encontró una disminución de los valores a^* cuando se enriqueció carne procesada con inulina que se vio vinculada con el efecto blanqueador de los geles de inulina. Asimismo, Huang et al. (2011), reportaron un aumento en los valores b^* produciendo salchichas cocidas con una tonalidad más amarilla. Según Yoo et al. (2007), el enriquecimiento de

compuestos no cárnicos suele provocar el aumento de los valores b^* , por lo que la inulina pudo estar vinculada con este cambio.

Algunos autores concluyeron que el cambio de color en el enriquecimiento de carne procesada con inulina no fue muy significativo.

Textura

Se reveló que la inulina utilizada como fuente de fibra dietética puede modificar los resultados de TPA cuando son comparados con la carne procesada convencional, del mismo modo que cuando son utilizados como sustitutos de la grasa. Burdzy et al. (2021), Gil et al. (2006) y Villalobos et al. (2010), reportaron un aumento de la dureza cuando enriquecieron carne procesada con inulina, teniendo en común la utilización de inulina en polvo en la reformulación de estos productos, que igualmente se vinculó con el fortalecimiento de la matriz cárnica generada por la inulina en polvo. Mientras que Angiolillo et al. (2015) y Gil et al. (2006), registraron que la carne procesada enriquecida con inulina presenta valores de dureza reducidos según TPA, causada por la

utilización de inulina en gel en su proceso de elaboración que pudo desestabilizar su estructura tridimensional y provocar ablandamiento al producto.

De acuerdo con Hayes et al. (2011), el enriquecimiento de carne procesada con inulina en polvo puede aumentar su cohesividad, debido al fortalecimiento de la matriz cárnica. Por el contrario, Huang et al. (2011) y Gil et al. (2006), mencionaron que la inulina disminuye la cohesividad debido a los efectos negativos que produce la inulina en gel en su matriz cárnica.

Los resultados obtenidos de TPA revelaron que al aplicar inulina en polvo en la formulación de la carne procesada puede disminuir su elasticidad y masticabilidad (Hayes et al., 2011; Huang et al., 2011 y Gil et al., 2006), debido a que este ingrediente compactó la matriz cárnica, además se disminuyó el contenido de grasa y se alteró la capacidad de retención de agua (Alaei et al., 2018).

Sin embargo, Gil et al. (2006) encontró que el enriquecimiento de carne procesada con inulina en gel causa

el aumento de su elasticidad y la disminución de su masticabilidad según TPA, lo cual se explicó por la transferencia de propiedades texturales de la inulina en gel hacia el producto, haciéndolo más elásticos y menos compacto que su contraparte convencional.

Cabe destacar que el enriquecimiento de inulina hasta un 3 % no cambió la dureza de la carne procesada según Cegielska y Tambor (2012), conservando la dureza del producto original; por lo que también su concentración es un factor que puede afectar la textura.

Atributos sensoriales

La dureza sensorial de la carne procesada enriquecida con inulina se correlacionó de manera similar como cuando se utiliza a la inulina como sustituto de la grasa, ya que se encontró que la aplicación de inulina en polvo endurece la carne procesada, mientras que la inulina en gel provoca lo contrario, produciendo carne procesada más blanda, lo cual se contrasta con los resultados en TPA.

Según Angiolillo et al. (2015) y Gil

et al. (2006), la aplicación de inulina en gel produjo jugosidad reducida, relacionada con la desestabilización que produce en la matriz cárnica, que pudo causar pérdidas de humedad en la cocción de estos alimentos.

Peña (2020), reportó que la aplicación de inulina en polvo mejoró la jugosidad de la carne procesada, aumentando su humectabilidad en la cavidad bucal de los consumidores, lo cual se atribuyó al mejoramiento de los enlaces de la matriz cárnica y a la CRA de la inulina que pudieron retener más agua en el producto y producir una percepción más húmeda en estos productos.

Algunos estudios afirmaron que la inulina mejoró significativamente el sabor de la carne procesada (Burdzy et al., 2021; Cegiela y Tambor, 2012 y Gil et al., 2006). Solamente (Huang et al., 2011), reportó que el sabor y el olor de salchichas cocidas enriquecidas con inulina fueron menos preferidas por los panelistas sensoriales que los productos convencionales. Este fenómeno se vinculó igualmente por las propiedades lipofílicas de la inulina, los cuales pueden retener compuestos aromáticos

que pudieron mejorar el sabor de la carne procesada. Sin embargo, Tomaschunas et al. (2013) menciona que altas concentraciones de agua acompañadas de un agente gelificante pueden atrapar sabores y olores hidrofílicos, lo cual también puede verse relacionado con la alteración del sabor en estos alimentos por el enriquecimiento de inulina gelificada.

Si bien el enriquecimiento con inulina modificó las propiedades sensoriales de la carne procesada, se presentó la misma aceptación sensorial en la mayoría de los estudios que la carne procesada convencional y solamente en el estudio llevado a cabo por Gómez-Muriel et al. (2021), empleando inulina comercial en polvo en hamburguesas de pollo, los panelistas prefirieron la carne procesada con inulina en lugar del control (Gómez-Muriel et al., 2021).

Propiedades tecnológicas

El enriquecimiento de la carne procesada con inulina puede aumentar las pérdidas por cocción y reducir la capacidad de retención de agua, lo cual podría reducir el porcentaje de

rendimiento. Según Angiolillo et al. (2015), el aumento de pérdidas por cocción en las hamburguesas de res enriquecidas con inulina fue causado por el exceso de agua que se utilizó para la formación de inulina en gel, la cual fue fácilmente drenada en el proceso de cocción del producto.

Asimismo, Burdzy et al. (2021) determinaron que el uso de inulina en polvo disminuyó el CRA, lo cual po-

dría suponer igualmente bajos rendimientos de producción juntamente con el aumento de las pérdidas por cocción en la carne procesada. Se encontró que el pH no es afectado mientras que solamente en el estudio realizado por Huang et al. (2011) en salchichas estilo chino se identificó la disminución de la actividad de agua, que se vinculó con la pérdida de agua en el tratamiento de cocción del producto.

DISCUSIÓN

Al substituir inulina por grasa en la formulación de embutidos, aumentó el contenido de agua, debido a la presencia de grupos hidrófilos y a la naturaleza higroscópica de la inulina (Alaei et al., 2018). Un estudio realizado por Huang et al. (2011) mostró que, al aumentar el nivel de inulina, disminuyó el contenido de humedad de muestras de salchichas, lo cual fue diferente de los resultados obtenidos en este estudio, probablemente esto se debió a la diferente formulación de las muestras de salchichas, así como al tipo de inulina y el método de uso en la formulación.

De acuerdo con Tomaschunas et al. (2013), la disminución de la grasa tiende a disminuir los valores L^* de la carne procesada, provocando el oscurecimiento de los productos ya que, reduce la dispersión total de la luz que afecta a la luminosidad. Sin embargo, Araujo et al. (2021) y El-Beltagy et al. (2007), reportaron un aumento del valor L^* , lo cual se asoció con la coloración blanquecina que proporciona la inulina en estado de gel, aumentando así la luminosidad de los productos. Esto también fue evidente en la reformulación de hamburguesas de res con el extracto de achicoria de Jerusalén, donde la

presencia de compuestos polifenólicos, ácido ascórbico y betacaroteno en el extracto pudieron aportar al color instrumental (Afoakwah et al., 2015).

Asimismo, los valores a^* en los estudios aumentaron, presentado una coloración más roja en comparación con la carne procesada no reformulada. Tomaschunas et al. (2013) y Yoo et al. (2007), mencionan que el aumento de los valores de a^* puede producirse por el aumento del contenido de carne o agua/hielo en el producto o a su vez también por reducción de la grasa. Alaei et al. (2018), Berizi et al. (2017), Hayes et al. (2011) y Menegas et al. (2013), compensaron la reducción de la grasa en la carne procesada adicionando tanto carne o agua en la reformulación, lo cual pudo aumentar los valores a^* en el producto terminado. Mientras que en otros estudios solamente la reducción de la grasa trajo repercusiones en este parámetro; en este caso, el aumento de los valores a^* se debe a reformulación de la carne procesada, mas no a la inclusión de inulina en su composición. Algunos estudios demostraron la disminución de los va-

lores de a^* , ocasionada por el color blanco cremoso de la inulina en polvo y de igual manera por compuestos presentes en los extractos de alcachofa de Jerusalén. En el mismo contexto, la carne procesada con inulina obtuvo valores de b^* aumentados, por lo que puede tener tonalidades más amarillas en su estructura. Este fenómeno ha sido documentado por Yoo et al. (2007), en donde la inclusión de compuestos no cárnicos puede aumentar los valores de b^* , debido a tonalidades amarillas que suelen presentar en su matriz. En este caso, la inulina pudo aportar tonalidades amarillas por su tendencia a formar geles de color cremoso en los productos. Yoo et al. (2007) y Jerez (2012), han demostrado que la reducción de grasa puede disminuir los valores b^* en carne procesada, ya que este ingrediente presenta la mayor cantidad de tonalidades amarillas en estos productos.

Por lo tanto, en la reformulación de la carne procesada, la inulina puede causar cambios matizados en estos productos, ya que los cambios de color dependen de diferentes factores como: la estrategia de reformulación, niveles de grasa presente en el pro-

ducto y compuestos orgánicos que pueden modificar el color de estos productos. Por lo que se deben analizar exhaustivamente con el fin de hallar la principal causa de colores anormales en la carne procesada. Cabe destacar que el color es un factor muy importante para los consumidores (Cardona et al., 2020), por lo que el análisis del color de nueva carne procesada debe ser muy minucioso para llegar a cumplir las expectativas del mercado.

La inulina utilizada como sustituto de la grasa aumenta la dureza, según Álvarez y Barbut (2013), este fenómeno se debe a la mejor distribución que tiene la inulina en polvo en matrices cárnicas a nivel microscópico, rellenando así los espacios disponibles uniformemente y provocando una estructura más compacta que su contraparte convencional detectada por TPA. Mientras que Alaei et al. (2018) y Menegas et al. (2017) postularon que la inulina en polvo puede promover el fortalecimiento de las conexiones entre los diversos componentes y la estructura tridimensional en la carne procesada provocando mayor dureza en su textura. Gil et al. (2006),

mencionó que la principal causa de este fenómeno fue la adición de mayor cantidad de proteína cárnica para compensar la reducción de grasa.

La reducción de la cohesividad en la reformulación de la carne procesada con inulina se vinculó con la presencia de agua que puede desestabilizar la estructura tridimensional (Berizi et al., 2017). Por lo que la adición de exceso de agua y la inclusión de altas concentraciones de inulina gelificada hidratada, fueron las principales causas de reducción de cohesividad en los estudios. En tanto que el aumento de la cohesividad pudo ser debida al mejoramiento de la fuerza de gel y la microestructura de la miosina provocada por la inulina en matrices cárnicas a bajas concentraciones (Zhang et al., 2020), lo cual aumentó el trabajo necesario para vencer las fuerzas de atracción en la carne procesada reformulada con inulina al ser sometidas a TPA.

La reformulación de la carne procesada utilizando inulina como sustituto de la grasa, puede presentar la misma aceptación que la carne pro-

cesada convencional según la mayoría de estudios revisados y en algunos casos puede aumentar su aceptabilidad sensorial, provocando que los jueces tengan una preferencia entre carne procesada baja en grasa con inulina sobre la carne procesada habitual en su evaluación sensorial (Gómez-Muriel et al., 2021; Gil et al., 2006; Prapasuwannakul, 2018 y Sojic et al., 2011). Sin embargo, exis-

tieron pocos estudios en donde se reportó que la sustitución de grasa por inulina en la reformulación de la carne procesada puede disminuir su aceptabilidad sensorial (Gil et al., 2006; Mendoza et al., 2001), siendo el sabor, la propiedad principal para discriminar estos alimentos en su evaluación sensorial.

CONCLUSIÓN

La inulina puede sustituir entre el 27 % y el 100 % de la grasa en los distintos tipos de carne procesada, provocando un aumento en el porcentaje de humedad, carbohidratos totales y consecuentemente la reducción del porcentaje de grasa en el análisis proximal de estos alimentos.

Al sustituir la grasa por inulina en la formulación de la carne procesada, se generan colores más luminosos y amarillentos determinados según el sistema de color CIEL*a*b* (aumentaron valores L* y b*), además se produce un aumento en la dureza al utilizar inulina en polvo, al aplicar inulina en gel y extractos de inulina naturales se reduce la dureza, pro-

vocando texturas más suaves y blandas, determinadas mediante el análisis del perfil de textura (TPA).

En el caso de los atributos sensoriales, la inclusión de extractos de inulina e inulina en gel provocaron el aumento de la jugosidad; en cambio, el uso de inulina en polvo produjo carne procesada menos jugosas que su grupo control.

La inulina ayuda a aumentar la adhesividad de embutidos fermentados bajos en grasa independiente de su forma de aplicación, en donde su concentración juega un papel importante para lograr este efecto.

Se demostró que la reducción de la grasa y la inclusión de la inulina en carne procesada baja en grasa no genera cambios en la cohesividad de sus productos, independientemente de su forma de aplicación.

La inulina puede compensar la reducción de elasticidad y masticabilidad de carne procesada baja en grasa, pero no puede igualar del todo estos parámetros cuando se compararon con la carne procesada que presenta todo su contenido de grasa original.

La adición de inulina en gel o en forma de extracto natural puede disminuir la gomosidad, en cambio la inulina en polvo provoca un aumento de gomosidad.

La inclusión de extractos de inulina e inulina en gel provocaron el aumento de la jugosidad, y pueden aumentar la terneza y masticabilidad.

La inulina puede disminuir las pérdidas de cocción y aumentar la estabilidad emulsificante en la mayoría de los casos, además, no provoca cambios en la actividad, capacidad de retención de agua, pH y el análisis microbiológico

La aplicación de extractos de inulina natural en carne procesada baja en grasa puede prevenir la oxidación mediada por radicales libres

Adicionalmente, la inulina como sustituto de la grasa mejoró las pérdidas de cocción, estabilidad emulsificante y capacidad de retención de agua de la carne procesada dependiendo de la concentración de la inulina, ya que a elevadas concentraciones la inulina pudo provocar defectos tecnológicos. Solamente el pH y la composición microbiológica de la carne procesada no fueron afectados por la sustitución de la grasa por inulina.

El enriquecimiento de carne procesada con inulina supone una fuente potencial de fibra dietética, ya que puede solventar del 4 al 40 % del valor diario recomendado de ingesta de fibra dietética en sus consumidores, sin modificar sus hábitos nutricionales. El análisis de la base bibliográfica reveló que la composición proximal de la carne procesada enriquecida con inulina presenta un aumento en la humedad y una reducción en su contenido de proteína y grasa, debido al factor de dilución que tienen la humedad en estos nu-

trientes. En tanto que, en su color y textura el enriquecimiento a bajas concentraciones de inulina en carne procesada no produjo cambios significativos en estos parámetros. Sin embargo, el enriquecimiento a elevadas concentraciones de inulina produjo carne procesada con textura modificada que fue igualmente dependiente de la forma de aplicación de la inulina, y a su vez produjo carne procesada con un color más luminoso, menos rojizos y menos amarillento según el sistema CIEL*a*b*, pero no fue significativo en los estudios.

Los atributos sensoriales de la carne procesada enriquecida con inulina se vieron afectados tanto en su dureza, jugosidad, olor y sabor; donde la forma de aplicación de la inulina juega un papel crucial. No obstante, la aceptabilidad de estos productos fue similar que la carne procesada convencional. Asimismo, el enriquecimiento de inulina en grandes canti-

dades causó cambios en las pérdidas de cocción y capacidad de retención de agua en carne procesada, produciendo defectos tecnológicos y reducción del porcentaje de rendimiento de estos alimentos.

El presente estudio destacó efectos potenciales de la inulina en la reformulación de la carne procesada, los cuales fueron: a) alimentos prebióticos que pueden mejorar la salud intestinal de los seres vivos, b) mejora la actividad y composición de la microbiota intestinal c) efecto protector contra sustancias mutagénicas y cancerígenas como: N-nitrosos (NOC), aminas aromáticas heterocíclicas (HAA y aflatoxinas B1 (AFB), que pueden presentar a lo largo de la cadena de valor de la carne procesada y en su consumo, d) prevención contra ENT (enfermedades no transmisibles) como el cáncer colorrectal, las cuales fueron evidenciados científicamente.

AGRADECIMIENTO

Christian D. Alcívar-León, Juan Sebastián Serrano-León agradecen a la

Universidad Central del Ecuador y a la Facultad de Ciencias Químicas.

LISTA DE REFERENCIAS

- Afoakwah, N. A., Dong, Y., Zhao, Y., Xiong, Z., Owusu, J., Wang, Y. y Zhang, J. (2015). Characterization of Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus* L.) powder and its application in emulsion-type sausage. *LWT - Food Science and Technology*, 64(1),74-81. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2015.05.030>
- Afshin, A., Sur, P. J., Fay, K. A., Cornaby, L., Ferrara, G., Salama, J. S., Mullany, E. C., Abate, K. H., Abbafati, C., Abebe, Z., Afarideh, M., Aggarwal, A., Agrawal, S., Akin-yemiju, T., Alahdab, F., Bacha, U., Bachman, V. F., Badali, H., Badawi, A., ... Murray, C. J. L. (2019). Health effects of dietary risks in 195 countries, 1990–2017: A systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2017. *The Lancet*, 393(10184), 1958-1972. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(19\)30041-8](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(19)30041-8)
- Alaei, F., Hojjatoleslami, M. y Hashemi Dehkordi, S. M. (2018). The effect of inulin as a fat substitute on the physicochemical and sensory properties of chicken sausages. *Food Science & Nutrition*, 6(2), 512-519. <https://doi.org/10.1002/fsn3.585>
- Álvarez, D. y Barbut, S. (2013). Effect of inulin, -Glucan and their mixtures on emulsion stability, color and textural parameters of cooked meat batters. *Meat Science*, 94(3), 320-327. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2013.02.011>
- Angiolillo, L., Conte, A., & Del Nobile, M. A. (2015). Technological strategies to produce functional meat burgers. *LWT - Food Science and Technology*, 62(1), 697-703. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2014.08.021>
- Araujo, C. D. L. de, Costa, G. F. da, Oliveira, F. L. N. de, y Azerêdo, G. A. (2021). Elaboração de salsichas de frango com redução de gordura e adição de inulina. *Brazilian Journal of Food Technology*, 24, e2019334. <https://doi.org/10.1590/1981-6723.33419>
- Archer, B. J., Johnson, S. K., Devereux, H. M. y Baxter, A. L. (2004). Effect of fat replacement by inulin or lupin-kernel fibre on sausage patty acceptability, post-meal perceptions of satiety and food intake in men. *British Journal of Nutrition*, 91(4), 591-599. <https://doi.org/10.1079/BJN20031088>

- Bechthold, A., Boeing, H., Schwedhelm, C., Hoffmann, G., Knüppel, S., Iqbal, K., De Henauw, S., Michels, N., Devleesschauwer, B., Schlesinger, S. y Schwingshackl, L. (2019). Food groups and risk of coronary heart disease, stroke and heart failure: A systematic review and dose-response meta-analysis of prospective studies. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 59(7), 1071-1090. <https://doi.org/10.1080/10408398.2017.1392288>
- Berizi, E., Shekarforoush, S. S., Mohammadinezhad, S., Hosseinzadeh, S. y Farahnaki, A. (2017). The use of inulin as fat replacer and its effect on texture and sensory properties of emulsion type sausages. *Iranian journal of veterinary research*, 18(4), 253-257. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29387097/>
- Bouvard, V., Loomis, D., Guyton, K. Z., Grosse, Y., Ghissassi, F. E., Benbrahim-Tallaa, L., Guha, N., Mattock, H. y Straif, K. (2015). Carcinogenicity of consumption of red and processed meat. *The Lancet Oncology*, 16(16), 1599-1600. [https://doi.org/10.1016/S1470-2045\(15\)00444-1](https://doi.org/10.1016/S1470-2045(15)00444-1)
- Burdzy, S., Augusty ska-Prejsnar, A. y Sokołowicz, Z. (2021). Effect of the addition of inulin on the quality of poultry burgers. *Post py Techniki Przetwórstwa Spożywczego*, 2021(1), 29-34. <https://bibliotekanauki.pl/articles/1522266>
- Cardona, M., Gorris, A., Barat, J. M. y Fernández-Segovia, I. (2020). Perception of fat and other quality parameters in minced and burger meat from Spanish consumer studies. *Meat Science*, 166(145), 108138. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2020.108138>
- Cegielka, A. y Tambor, K. (2012). Effect of Inulin on the Physical, Chemical and Sensory Quality Attributes of Polish Chicken Burgers. *Journal of Food Research*, 1(1), 169. <https://doi.org/10.5539/jfr.v1n1p169>
- CODEX. (2021). Directrices sobre etiquetado nutricional. FAO. https://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/sh-proxy/es/?lnk=1&url=https%253A%252F%252Fworkspace.fao.org%252Fsites%252Fcodex%252FStandards%252FCXG%2B2-1985%252FCXG_002s.pdf
- El Zeny, T., Essa, R., Bisar, B. y Metwalli, S. (2019). Effect of using chicory roots powder as a fat replacer on beef burger quality. *Slovenian Veterinary Research*, 56(22-Suppl). <https://doi.org/10.26873/SVR-788-2019>

- El-Beltagy, A. E., Boudy, E. A. y Gaafar, A. M. (2007). Quality characteristics of low-fat beef patties formulated with jerusalem artichoke (*helianthus tuberosus* L.). *J. Agric. & Env. Sci. Alex. Univ., Egypt*, 6(3). https://www.damanhour.edu.eg/pdf/agrfac/Root1/Vol_e6_3_1.pdf
- FDA, R. (2018). GRAS Determination of Inulin from Jerusalem Artichoke for Use in Food. 105. FDA. <https://www.fda.gov/media/135320/download>
- Fernández, J., Ledesma, E., Monte, J., Millán, E., Costa, P., de la Fuente, V. G., García, M. T. F., Martínez-Camblor, P., Villar, C. J. y Lombó, F. (2019). Traditional Processed Meat Products Re-designed Towards Inulin-rich Functional Foods Reduce Polyps in Two Colorectal Cancer Animal Models. *Scientific Reports*, 9(1), 14783. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-51437-w>
- Gadekar, Y. P., Shinde, A. K. y Karim, S. A. (2016). Effect of inulin on physico-chemical, textural and sensory characteristics of reduced fat lamb nuggets. *Veterinary and Animal Science*, S2451943X16300011. <https://doi.org/10.1016/j.vas.2016.11.002>
- Gil M., Cáceres, E., y Selgas, M. (2006). Effect of inulin on the textural and sensory properties of mortadella, a Spanish cooked meat product. *International Journal of Food Science and Technology*, 41(10), 1207-1215. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2006.01186.x>
- Glisic, M., Baltic, M., Glisic, M., Trbovic, D., Jokanovic, M., Parunovic, N., Dimitrijevic, M., Suvajdzic, B., Boskovic, M. y Vasilev, D. (2019). Inulin based emulsion filled gel as a fat replacer in prebiotic and PUFA enriched dry fermented sausages. *International Journal of Food Science & Technology*, 54(3), 787-797. <https://doi.org/10.1111/ijfs.13996>
- Gómez-Muriel, L. A., Benítez-Sepúlveda, E., Velásquez-Henao, A. y Jaramillo-Yepes, F. (2021). Desarrollo de una carne de hamburguesa de pechuga de pollo con adición de fibra y reducción de grasa. *Perspectivas en Nutrición Humana*, 23(1), 15-26. <https://doi.org/10.17533/udea.penh.v23n1a02>
- Grasso, S., Brunton, N. P., Lyng, J. G., Lalor, F. y Monahan, F. J. (2014). Healthy processed meat products – Regulatory, reformulation and consumer challenges. *Trends in Food Science & Technology*, 39(1), 4-17. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2014.06.006>

- Hadorn, R., Eberhard, P., Guggisberg, D., Piccinali, P. y Schlichtherle-Cerny, H. (2008). Effect of fat score on the quality of various meat products. *Meat Science*, 80(3), 765-770. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2008.03.020>
- Hayes, J., Auty, M. y Allen, P. (2011). The effect of inulin as a prebiotic fibre on organoleptic and technological properties of standard and low fat pork breakfast sausages. 5. https://digicomst.ie/wp-content/uploads/2020/05/2011_10_02.pdf
- Huang, S. C., Tsai, Y. F., & Chen, C. M. (2011). Effects of Wheat Fiber, Oat Fiber, and Inulin on Sensory and Physico-chemical Properties of Chinese-style Sausages. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 24(6), 875-880. <https://doi.org/10.5713/ajas.2011.10317>
- IARC. (2018). Red Meat and Processed Meat. International Agency for Research on Cancer. WHO. <https://publications.iarc.fr/Book-And-Report-Series/Iarc-Monographs-On-The-Identification-Of-Carcinogenic-Hazards-To-Humans/Red-Meat-And-Processed-Meat-2018>
- Jerez, M. K. L. (2012). Efecto de dos porcentajes de inulina, como fuente de fibra, en las propiedades físicas, microbiológicas y sensoriales en una salchicha frankfurter de pollo reducida en grasa. 38. <https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bits-treams/73c2afcd-973e-4ca3-85f5-783e5cfbcf0f/content>
- Jiménez Colmenero, F. (2000). Relevant factors in strategies for fat reduction in meat products. *Trends in Food Science & Technology*, 11(2), 56-66. [https://doi.org/10.1016/S0924-2244\(00\)00042-X](https://doi.org/10.1016/S0924-2244(00)00042-X)
- Khazaei, E., Piruzifard, M., Zeynali, F. y Alizadeh Khaled Abad, M. (2020). Investigation the effect of formulation and condition of packaging on the Ham syneresis during Shelf Life. *Iranian Food Science and Technology Research Journal*, 16(2), 251-269. <https://doi.org/10.22067/ifstrj.v16i2.73671>
- Keenan, D. F., Resconi, V. C., Kerry, J. P. y Hamill, R. M. (2014). Modelling the influence of inulin as a fat substitute in comminuted meat products on their physico-chemical characteristics and eating quality using a mixture design approach. *Meat Science*, 96(3), 1384-1394. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2013.11.025>

- Kovalskys, I., Rigotti, A., Koletzko, B., Fisberg, M., Gómez, G., Herrera-Cuenca, M., Cortés Sanabria, L. Y., Yépez García, M. C., Pareja, R. G., Zimberg, I. Z., Del Arco, A., Zonis, L., Previdelli, A. N., Guajardo, V., Moreno, L. A., Fisberg, R. y the ELANS Study Group. (2019). Latin American consumption of major food groups: Results from the ELANS study. *PLOS ONE*, 14(12), e0225101. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0225101>
- Kris-Etherton, P. M. y Krauss, R. M. (2020). Public health guidelines should recommend reducing saturated fat consumption as much as possible: YES. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 112(1), 13-18. <https://doi.org/10.1093/ajcn/nqaa110>
- Kumar, Y. (2021). Development of Low-Fat/Reduced-Fat Processed Meat Products using Fat Replacers and Analogues. *Food Reviews International*, 37(3), 296-312. <https://doi.org/10.1080/87559129.2019.1704001>
- Latoch, A., Glibowski, P. y Libera, J. (2016). The effect of replacing pork fat of inulin on the physicochemical and sensory quality of guinea fowl pate. *Acta Scientiarum Polonorum Technologia Alimentaria*, 15(3), 311-320. <https://doi.org/10.17306/J.AFS.2016.3.30>
- Mendoza, E., García, M. L., Casas, C. y Selgas, M. D. (2001). Inulin as fat substitute in low fat, dry fermented sausages. *Meat Science*, 57(4), 387-393. [https://doi.org/10.1016/S0309-1740\(00\)00116-9](https://doi.org/10.1016/S0309-1740(00)00116-9)
- Menegas, L. Z., Pimentel, T. C., Garcia, S. y Prudencio, S. H. (2013). Dry-fermented chicken sausage produced with inulin and corn oil: Physicochemical, microbiological, and textural characteristics and acceptability during storage. *Meat Science*, 93(3), 501-506. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2012.11.003>
- Menegas, L. Z., Pimentel, T. C., Garcia, S. y Prudencio, S. H. (2017). Effect of adding inulin as a partial substitute for corn oil on the physicochemical and microbiological characteristics during processing of dry-fermented chicken sausage. *Journal of Food Processing and Preservation*, 41(5), e13166. <https://doi.org/10.1111/jfpp.13166>
- Nowak, B., von Mueffling, T., Grotheer, J., Klein, G. y Watkinson, B.-M. (2007). Energy Content, Sensory Properties, and Microbiological Shelf Life of German Bologna-

Type Sausages Produced with Citrate or Phosphate and with Inulin as Fat Replacer. *Journal of Food Science*, 72(9), S629-S638. <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2007.00566.x>

Olmedilla-Alonso, B., Jiménez-Colmenero, F. y Sánchez-Muniz, F. J. (2013). Development and assessment of healthy properties of meat and meat products designed as functional foods. *Meat Science*, 95(4), 919-930. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2013.03.030>

OMS. (2015). OMS | El Centro Internacional de Investigaciones sobre el Cáncer evalúa el consumo de la carne roja y de la carne procesada. WHO; World Health Organization. <http://www.who.int/mediacentre/news/releases/2015/cancer-red-meat/es/>

Özer, C. O. (2019b). Utilization of Jerusalem artichoke powder in production of low-fat and fat-free fermented sausage. *Italian Journal of Food Science*, 31(2), 301-310. <https://doi.org/10.14674/IJFS-1354>

Peleg, M. (2019). The Instrumental Texture Profile Analysis (TPA) Revisited. *Journal of Texture Studies*, 50(5), 362–368. <https://doi.org/10.1111/jtxs.12392>

Peña, M. A. (2020). Inulina: Una alternativa para el desarrollo de productos cárnicos funcionales. *ACI Avances en Ciencias e Ingenierías*, 11(3), 102-121. <https://doi.org/10.18272/aci.v11i3.1540>

Prapasuwannakul, N. (2018). Characteristics of Reduced-Fat Thai Pork Sausage with Inulin Addition. *ETP International Journal of Food Engineering*, 4(4), 322–326. <https://doi.org/10.18178/ijfe.4.4.322-326>

Quino, M. L. y Alvarado, J. A. (2014). Physicochemical and sensorial effects of the use of dietary fiber in sausages of the vienna type of low fat content. *Revista boliviana de química*, 31(2), 114-115. http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0250-54602014000200010&lng=es.

Shamim, D. M. M. I. (2022). The Effects of COVID-19 on Project Management Processes and Practices. *Central Asian Journal of Theoretical and Applied Science*, 3(7), 221-227. <https://cajotas.centralasianstudies.org/index.php/CAJOTAS/article/view/861>

- Shoaib, M., Shehzad, A., Omar, M., Rakha, A., Raza, H., Sharif, H. R., Shakeel, A., An-sari, A. y Niazi, S. (2016). Inulin: Properties, health benefits and food applications. *Carbohydrate polymers*, 147, 444-454. <https://doi.org/10.1016/j.carb-pol.2016.04.020>
- Sojic, B., Petrovic, L., Pesovic, B., Tomovic, V., Jokanovic, M., Dzinic, N. y Salitrezić, P. (2011). The influence of inulin addition on the physico-chemical and sensory characteristics of reduced-fat cooked sausages. *Acta Periodica Technologica*, 42, 157-164.
- Tapia, M. S., Alzamora, S. M. y Chirife, J. (2008). Effects of Water Activity (aw) on Microbial Stability: As a Hurdle in Food Preservation. *Water Activity in Foods: Fundamentals and Applications*: 239-271. <http://dx.doi.org/10.1002/9780470376454.ch10>
- Toldrá, F. y Reig, M. (2011). Innovations for healthier processed meats. *Trends in Food Science & Technology*, 22(9), 517-522. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2011.08.007>
- Tomaschunas, M., Zörb, R., Fischer, J., Köhn, E., Hinrichs, J. y Busch-Stockfisch, M. (2013). Changes in sensory properties and consumer acceptance of reduced fat pork Lyon-style and liver sausages containing inulin and citrus fiber as fat replacers. *Meat Science*, 95(3), 629-640. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2013.06.002>
- Vidal, V. A. S., Paglarini, C. S., Lorenzo, J. M., Munekata, P. E. S., & Pollonio, M. A. R. (2021). Salted Meat Products: Nutritional Characteristics, Processing and Strategies for Sodium Reduction. *Foods*, 11(15), 2331. <https://doi.org/10.3390/foods11152331>
- Villalobos, C. E. V., Simental, S. S. y Villalobos, L. H. (2010). Efecto de la Fibra Dietética sobre la Textura de Salchichas Tipo Viena. *Dialnet*, 4(2), 37-43. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3646504>
- Xiao-Hui, G., Jing, W., Ye-Ling, Z., Ying, Z., Qiu-Jin, Z., Ling-Gao, L., Dan, C., Yan-Pei, H., Sha, G. y Ming-Ming, L. (2022). Mediated curing strategy: An overview of salt reduction for dry-cured meat products. *Food Reviews International*, 39(7), 4565-4580. <https://doi.org/10.1080/87559129.2022.2029478>

- Yoo, S. S., Kook, S. H., Park, S. Y., Shim, J. H. y Chin, K. B. (2007). Physicochemical characteristics, textural properties and volatile compounds in comminuted sausages as affected by various fat levels and fat replacers. *International Journal of Food Science & Technology*, 42(9), 1114-1122. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2006.01402.x>
- Zhang, Y., Dong, M., Zhang, X., Hu, Y., Han, M., Xu, X. y Zhou, G. (2020). Effects of inulin on the gel properties and molecular structure of porcine myosin: A underlying mechanisms study. *Food Hydrocolloids*, 108, 105974. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2020.105974>
- Zwolan, A., Cegiełka, A., Pietrzak, D. y Tyburcy, A. (2017). The effect of fat substitution with fiber preparations on selected quality characteristics of baked poultry pâtés. *Zeszyty Problemowe Post pów Nauk Rolniczych*, (590), 93-101. <https://doi.org/10.22630/ZPPNR.2017.590.37>