

LA INULINA COMO SUSTITUTO DE LA GRASA ANIMAL Y COMPONENTE  
FUNCIONAL EN PRODUCTOS CÁRNICOS

XAVIER CASTRO CENTENO

UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA UNAD  
ESCUELA DE CIENCIAS BÁSICAS TECNOLOGÍA E INGENIERÍA  
PAMPLONA NORTE DE SANTANDER

2021

LA INULINA COMO SUSTITUTO DE LA GRASA ANIMAL Y COMPONENTE  
FUNCIONAL EN PRODUCTOS CÁRNICOS

XAVIER CASTRO CENTENO

MONOGRAFÍA

Directora:

HEIDY LORENA GALLEGO OCAMPO PhD

UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA UNAD  
ESCUELA DE CIENCIAS BÁSICAS TECNOLOGÍA E INGENIERÍA  
PAMPLONA NORTE DE SANTANDER

2021

Nota de aceptación

---

---

---

---

---

---

---

---

Firma del presidente del jurado

---

Firma del jurado

---

Firma del jurado

Pamplona Norte de Santander, diciembre 23 de 2021

## Responsabilidad del autor sobre el contenido

- Certifico que la monografía representa un trabajo original y que ni este manuscrito, en parte o en su totalidad, ni otro trabajo con contenido sustancialmente similar, de mi autoría, fue publicado o está siendo considerado para publicación, sea ésta en formato impreso o electrónico.
- Doy fe de que si fuese solicitado, daré o cooperaré en la obtención y entrega de datos sobre los cuales la monografía está basada, para examen de los editores.

Firma del autor:



CC: 85.167.982

## DEDICATORIA

Quiero dar gracias inicialmente a Dios, quien siempre ha sido mi inspiración. En él he encontrado la sabiduría y fortaleza para seguir adelante y siempre ha estado conmigo.

A mi familia, porque en ellos he hallado la confianza y siempre han estado ahí, en las buenas y en las malas, indicándome de la mejor manera el camino hacia el éxito. A mis amigos, quienes con su compañía, confianza y apoyo, me han enseñado que lo más importante en la vida es ser persona de bien.

Xavier Castro Centeno

## AGRADECIMIENTOS

Agradezco infinitamente a Dios, por darme la vida y todo lo que tengo, sin él nada de esto hubiese sido posible. De igual manera, agradezco a mi familia y amigos, por el cariño, la ayuda y por la confianza que han depositado en mí.

A mis estimados profesores quienes admiro, respeto y valoro, por haber contribuido grandemente en mi proceso de formación profesional, sinceros y especiales agradecimientos a la Ing. Ruth Mary Benavides, al Ing. Magister Vicente Ortiz y la Ing. PhD Heidy Lorena Gallego por su cuantiosa colaboración como formador de formadores.

De igual manera, agradezco a todas aquellas personas que de una u otra manera hicieron posible el alcance de este invaluable objetivo.

## TABLA DE CONTENIDO

1	INTRODUCCIÓN.....	13
2	OBJETIVOS.....	15
2.1	General .....	15
2.2	Específicos.....	15
3	GENERALIDADES DE LA INULINA.....	16
3.1	Características de la inulina .....	16
3.2	Fuentes principales para la obtención de inulina.....	18
3.3	Método de obtención de la inulina.....	19
4	ASPECTOS GENERALES DE LOS PRODUCTOS CÁRNICOS.....	22
4.1	Clasificación de los productos cárnicos.....	22
4.2	Producción y consumo de carne en el mundo.....	23
4.3	Incidencia del consumo de carnes procesadas en la salud. ....	24
5	LA INULINA COMO ALTERNATIVA EN LA INDUSTRIA CÁRNICA .....	26
5.1	La inulina en la producción de alimentos cárnicos potencialmente funcionales	26
5.2	Beneficios de la inulina en la salud del ser humano .....	37
6	CONCLUSIONES .....	44
7	BIBLIOGRAFÍA.....	45

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1.	Propiedades fisicoquímicas de la inulina.....	17
Tabla 2.	Principales fuentes de extracción de inulina.....	18
Tabla 3.	Producción de carne en el mundo para los años 2018 y 2019.....	23
Tabla 4.	Estimación del consumo per cápita de carne en el territorio colombiano.....	24
Tabla 5.	Incidencia de la inulina y sus derivados en la salud.....	42

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Estructura química de la inulina.....	17
Figura 2. Principales etapas en la producción de inulina.....	20
Figura 3. Producción industrial de inulina a partir de la raíz de achicoria.....	21
Figura 4. Micrografía de la emulsión cárnica.....	29
Figura 5. Microscopia electrónica de barrido de las emulsiones.....	32



## GLOSARIO

- **ALIMENTO FUNCIONAL:** alimento que en su composición posee una o más sustancias biológicamente activas, las cuales desempeñan funciones específicas en el organismo y que contribuyen directa e indirectamente al mejoramiento de la salud.
- **CARDIOPATÍA ISQUÉMICA:** enfermedad ocasionada por la obstrucción de las arterias coronarias denominada arterosclerosis.
- **COLOIDE:** matriz compuesta por dos o más fases, una fluida o fase continua (líquida o gaseosa) y otra dispersa (micropartículas sólidas) que se hallan en menor proporción en la matriz.
- **EMULSIÓN:** mezcla parcialmente homogénea de dos sustancias líquidas inmiscibles entre ellas. Una emulsión está conformada por dos fases, la fase dispersa y la fase dispersante o continua.
- **FRUCTANO:** polímeros formados por múltiples unidades de fructosa, entre los que se encuentran los polisacáridos, oligosacáridos y azúcares menos complejos. Los fructanos se encuentran en una amplia variedad de vegetales.
- **HOMEÓSTASIS:** estado de equilibrio de un sistema en el cual los elementos que lo conforman se encuentran equilibrados y en constante reagrupación, para que un organismo funcione correctamente, respondiendo a aquellos cambios internos y externos que puedan afectar el sistema.
- **INGREDIENTE ACTIVO:** sustancia que al ser añadida a un alimento, le confiere propiedades benéficas, las cuales poseen la particularidad de mejorar, prevenir o tratar enfermedades específicas.
- **INMUNOMODULACIÓN:** variación a nivel del sistema inmunitario de un organismo provocado por sustancias que debilitan o simplemente activan su función.
- **MATRIZ ALIMENTICIA:** es el conjunto de componentes nutricionales y no nutricionales que conforman un alimento.
- **MICROGRAFÍA DE LUZ:** captura de imágenes de objetos microscópicos mediante equipos ópticos, apoyados por nano ondas de rayos de luz.
- **MONÓMERO:** molécula de baja masa molecular, unida a otras mediante enlace covalente.

- **NUTRACÉUTICO:** referente a una sustancia alimenticia la cual aporta beneficios para la salud, abarcando la prevención y el tratamiento de ciertas enfermedades.
- **NUTRIMENTO INORGÁNICO:** elemento químico esencial para el adecuado funcionamiento de los órganos y el desarrollo fisiológico de los organismos
- **OLIGÓMERO:** polímero de bajo peso molecular, compuesto por una cantidad definida de unidades de monómeros.
- **OPERACIÓN TECNOLÓGICA:** paso básico de una etapa en un proceso a nivel industrial.
- **PERFIL LIPÍDICO:** cuantificación del contenido de ácidos grasos saturados presentes en una muestra de alimento.
- **POLÍMERO:** sustancia compleja, la cual se encuentra formada por múltiples moléculas denominadas monómeros, unidas unas a otras mediante enlaces covalentes.
- **POLISACÁRIDO:** polímero constituido por cadenas de monómeros denominados monosacáridos, los cuales se encuentran unidos mediante enlaces glucosídicos.
- **PREBIÓTICO:** componente alimentario no digerible, el cual sirve como sustrato para la microflora intestinal, permitiendo el desarrollo selectivo de microorganismos benéficos tales como lactobacilos y bifidobacterias.
- **REOLÓGICO:** perfil de estudio del comportamiento en que una sustancia se deforma y fluye, teniendo en cuenta características propias como elasticidad, viscosidad y plasticidad de la materia.

## **RESUMEN**

El presente documento monográfico se fundamenta en mostrar el análisis del efecto de la inulina sobre las propiedades organolépticas y funcionales de las carnes procesadas al sustituir la grasa animal parcialmente o en su totalidad por este prebiótico. Para lograr tal fin, se realizó un estudio extenso y riguroso de artículos científicos relacionados con la adición de inulina como componente funcional y sustituto principal de la grasa en productos cárnicos, con el propósito de analizar cómo afecta las propiedades texturales, organolépticas y composicionales de los alimentos cárneos.

Los resultados más concluyentes indican que la inulina al adicionarse en las concentraciones adecuadas no afecta lo más mínimo las propiedades sensoriales y reológicas del alimento, incrementando el valor nutricional de éstos, puesto que al reducir significativamente la grasa animal rica en ácidos grasos saturados, incrementa el contenido proteínico, mineral y de fibra en el producto terminado, reduciendo de esta manera el contenido calórico, haciéndolo más saludable para el consumidor. Muchos de los estudios indicaron que la inulina juega un papel importante en el desarrollo de las bacterias benéficas, las cuales inciden positivamente en la salud de las personas, ya que al metabolizar el prebiótico en el intestino delgado se genera como producto del metabolismo sustancias con propiedades antiinflamatorias de las células somáticas del colon y anticancerígenas.

**INULINA, PREBIÓTICO, PRODUCTO CÁRNICO, PROPIEDADES FUNCIONALES, PROPIEDADES ORGANOLÉPTICAS.**

## **ABSTRACT**

The present monographic document is focused on indicating the inulin effect analysis on the organoleptic and functional properties of processed meats when partially or completely replacing animal fat for this prebiotic. To achieve this aim, an intensive study of scientific articles was carried out related to the addition of the inulin as functional components and essential substitute for fat in meat products with the purpose of analyzing how it affects the texture, organoleptic and compositional of the meat foods.

The most conclusive results show that inulin when added in the appropriate concentrations does not affect the sensory and rheological properties of the food in the least, increasing the nutritional value of these, due to the fact that significantly reducing the animal fat rich in saturated fatty acids, it increases the protein, mineral and fiber content in the finished product, consequently reducing the caloric content, making it

healthier for the consumer. Many of the studies indicated that inulin plays the main role in the development of beneficial bacteria, which positively affect people's health, because by metabolizing the prebiotic in the small intestine, substances with properties are generated as a product of metabolism anti-inflammatory of the somatic cells of the colon and anti-cancer.

## 1 INTRODUCCIÓN

Actualmente, hay una tendencia creciente hacia el consumo de alimentos potencialmente funcionales dado que se ha demostrado científicamente que existe una relación entre la ingesta de estos alimentos y los beneficios en pro de una buena salud ( Kaur & Gupta, 2002; Keenan et al., 2014; Micha et al., 2012; Olmedilla-Alonso & Jiménez-Colmenero, 2014; Pool-Zobel et al., 2002). Los alimentos funcionales propiamente dichos, hacen referencia a aquellos productos alimenticios sin procesar o que han sido sometidos a operaciones tecnológicas y que en su composición contienen componentes de vital importancia, los cuales ejercen específicamente una o más funciones a nivel fisiológico sobre un organismo, promoviendo de forma directa e indirecta la buena salud (Alvidrés-Morales et al., 2002).

Uno de los alimentos de gran aceptación por el consumidor son los productos cárnicos, ya que éstos son matrices alimenticias ricas en proteínas de alto valor biológico y que, además, aportan vitaminas del complejo B, así como nutrimentos inorgánicos imprescindibles para el adecuado funcionamiento del tejido celular de los órganos (Hayes et al., 2011). Sin embargo, la ingesta frecuente de los productos cárnicos puede incidir negativamente sobre la salud, gracias a la abundancia de ácidos grasos saturados, y al contenido de sodio presente, el cual es utilizado en la industria cárnica como potenciador de sabor y conservante. Se ha demostrado que el consumo de carnes procesadas contribuye al desarrollo de enfermedades crónicas y degenerativas tales como las enfermedades cardiovasculares, diabetes, obesidad y tipos de cánceres específicos (Abete et al., 2014; Micha et al., 2012; Olmedilla-Alonso & Jiménez-Colmenero, 2014). Por tal razón, la industria cárnica busca procesar alimentos que además de nutrir aporten sustancialmente componentes con propiedades funcionales, que impacten positivamente en la salud de las personas (Keenan et al., 2014). Asimismo, este prebiótico se encarga de suministrar nutrientes importantes para el crecimiento de microorganismos como lactobacilos y bifidobacterias, reduciendo sustancialmente el desarrollo de otros con característica patógena, tales como el *Clostridium sp* y *E. coli* (Vasilev et al., 2017).

Recientemente se está utilizando la inulina para el procesamiento de productos cárnicos gracias a las bondades prebióticas que posee, lo que favorece al desarrollo de manera selectiva de microorganismos bifidogénicos y al mejoramiento de la actividad metabólica de bacterias benéficas alojadas en el tracto intestinal (Ashaolu, 2020). La inulina, se encuentra en más de treinta y seis mil variedades de organismos vegetales a manera de reserva energética, este prebiótico, está conformado por cadenas de fructosa, a través de enlaces  $\beta$ -(2-1) fructosil-fructosa, comúnmente denominado como fructanos. Además, estas cadenas en sus terminaciones poseen una molécula de glucosa, estando unida por enlaces (1,2) residuo -D-glucopiranosil (Gupta et al., 2019). Una de las características fundamentales de la inulina, es la capacidad de formar geles estables, ayudando a potenciar las propiedades reológicas en las matrices alimenticias (Mensink et al., 2015).

De acuerdo con el contexto expuesto, el objetivo de este trabajo de monografía es determinar la importancia de la inulina en la sustitución de la grasa animal y como componente funcional en productos cárnicos, teniendo en cuenta los efectos de ésta sobre las propiedades organolépticas de los productos desarrollados.

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 General**

- ❖ Determinar la importancia de la inulina en la sustitución de la grasa animal y como componente funcional en productos cárnicos.

### **2.2 Específicos**

- ❖ Describir los efectos de la inulina sobre las propiedades organolépticas de los productos cárnicos elaborados.
- ❖ Evaluar el efecto de la concentración de la inulina sobre las propiedades funcionales de las carnes procesadas.
- ❖ Analizar los posibles beneficios prebióticos de la inulina presente en los productos cárnicos sobre la salud.

### **3 GENERALIDADES DE LA INULINA**

La inulina es una sustancia natural imprescindible para la salud de la flora intestinal, la cual le aporta a los microorganismos presentes sustratos importantes para su nutrición. La inulina como prebiótico, está compuesto por cadenas cortas de azúcares simples de 3 a 10 unidades de monosacáridos, siendo el más común la fructosa (Liu et al., 2015). La principal característica de las cadenas que componen la inulina es que las enzimas del intestino delgado no poseen la facultad de hidrolizarla, pasando al intestino grueso donde estimula de forma selectiva el desarrollo de bifidobacterias y lactobacillus, reduciendo drásticamente aquellas bacterias de origen patógeno como la E. coli, la Salmonella y el Clostridium (Ashaolu, 2020).

La inulina se encuentra en menor o mayor proporción en ciertos vegetales (frutas, verduras y cereales), actualmente ha despertado gran interés en la industria de los alimentos debido a sus propiedades funcionales y nutraceuticas (Kaur & Gupta, 2002). Según Lara et al. (2017) los beneficios que ofrece la inulina son relativamente importantes, ya que contribuye a mejorar las propiedades sensoriales en los productos lácteos fermentados, en la confitería, chocolatería, postres, entre otros. Este polisacárido se caracteriza por presentar una particularidad excepcional para ligar agua, dado su alto poder gelificante, lo cual la hace interesante para sustituir la grasa animal en los productos cárnicos ricos en ácidos grasos saturados, brindando estabilidad en las emulsiones, textura y jugosidad en el producto terminado ( Totosaus, 2007; Vasilev et al., 2017).

#### **3.1 Características de la inulina**

La inulina es un polisacárido no digerible que en su estado natural se encuentra como un agregado de polímeros y oligómeros, compuestos por una cantidad variable de moléculas de fructosa, las cuales se encuentran unidas mediante enlaces  $\beta$ -(2-1) glucosídicos, incluyendo en su extremo un resto de D-glucosilo o molécula de glucosa (Kaur & Gupta, 2002; Meyer et al., 2011; Romano et al., 2016; Shoab et al., 2016; Villegas Pascual, 2008).

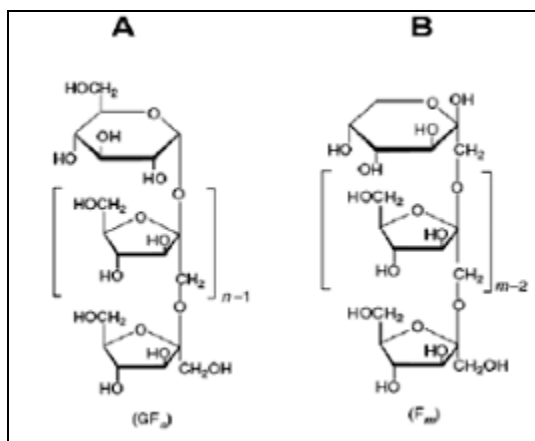
Según Meyer et al. (2011), las cadenas de fructosa en la estructura de la inulina puede estar compuesta por 2 a 60 monómeros. Cuando la estructura es de cadena larga, tiende a ser hidrofóbica, característica que le ayuda a formar geles estables, potenciando las propiedades reológicas en los alimentos (Kelly, 2009; Kolida & Gibson,



2007).

### Figura 1

Estructura química de la inulina. A)  $\beta$ -D-glucopiranosil (molécula de glucosa terminal) y B)  $\beta$ -Fructopiranosil (molécula de fructosa).



Nota. Adaptada de: (Madrigal & Sangronis, 2007).

### Tabla 1

Propiedades fisicoquímicas de la inulina.

Propiedades / características	Valor
Apariencia	Polvo blanco granular
Sabor	Neutral
Higroscopicidad	Alto
Rango de grado de polimerización	2-60 unidades
Grado medio de polimerización	12 unidades
Peso molecular medio	5.000 Da
Solubilidad en agua (25°C)	120 g/L
Viscosidad en solución acuosa.	1.6 mPa.s
Temperatura de fusión.	165-180 °C

Nota. Adaptado de: (Madrigal & Sangronis, 2007).

### 3.2 Fuentes principales para la obtención de inulina.

La inulina es extraída de distintas fuentes vegetales, siendo los más representativos los presentados en la Tabla 2:

**Tabla 2**

Principales fuentes de extracción de inulina.

Fuente	Inulina (%)	Referencia
Camas ( <i>Cimex lectularius L.</i> )	12-22	(Moshfegh et al., 1999a)
Salsify ( <i>Tragopogon</i> )	4-11	(Moshfegh et al., 1999a)
Bardana ( <i>Arctium lappa</i> )	3,5-4	(Moshfegh et al., 1999a)
Cebada ( <i>Hordeum vulgare</i> )	0,5-1,5	(Moshfegh et al., 1999a)
Centeno ( <i>Secale cereale</i> )	0,5-1	(Moshfegh et al., 1999a)
Banana ( <i>Musa paradisiaca</i> )	0,3-0,7	(Moshfegh et al., 1999b; Ricca et al., 2007)
Dahlia ( <i>Agave spp</i> )	9-12,5	(Moshfegh et al., 1999b; Wang et al., 2015)
Ñame o yam ( <i>Dioscorea spp</i> )	19-21	(Roberfroid, 2007)
Espárrago ( <i>Asparagus officinalis</i> )	2-3	(Roberfroid, 2007)
Puerro ( <i>Alliumporrum</i> )	3-10	(Roberfroid, 2007)
Ajo común ( <i>Alliumsativum</i> )	9-16	(Moshfegh et al., 1999a; Wang et al., 2015)
Cebolla ( <i>Allium cepa</i> )	2-6	(Cortes et al., 2015)
Alcachofa ( <i>Cynara scolymus</i> )	3-10	(Cortes et al., 2015)
Achicoria ( <i>Cichoriumintybus</i> )	10-15	(Wang et al., 2015)

Agave ( <i>Agave spp</i> )	16-25	(Toneli et al., 2010; García-Mendoza, 2002)
Diente de león ( <i>Taraxacum officinale</i> )	12-15	(Aragon-Alegro et al., 2007; García-Mendoza, 2002)
Bardana ( <i>Arctiumlappa</i> )	27-45	(Aragon-Alegro et al., 2007; García-Mendoza, 2002)
Papa de Jerusalén ( <i>Helianthus t.</i> )	14-20	(Liu et al., 2015)
Yacón ( <i>Smallanthussonchifolius</i> )	3-19	(Liu et al., 2015)

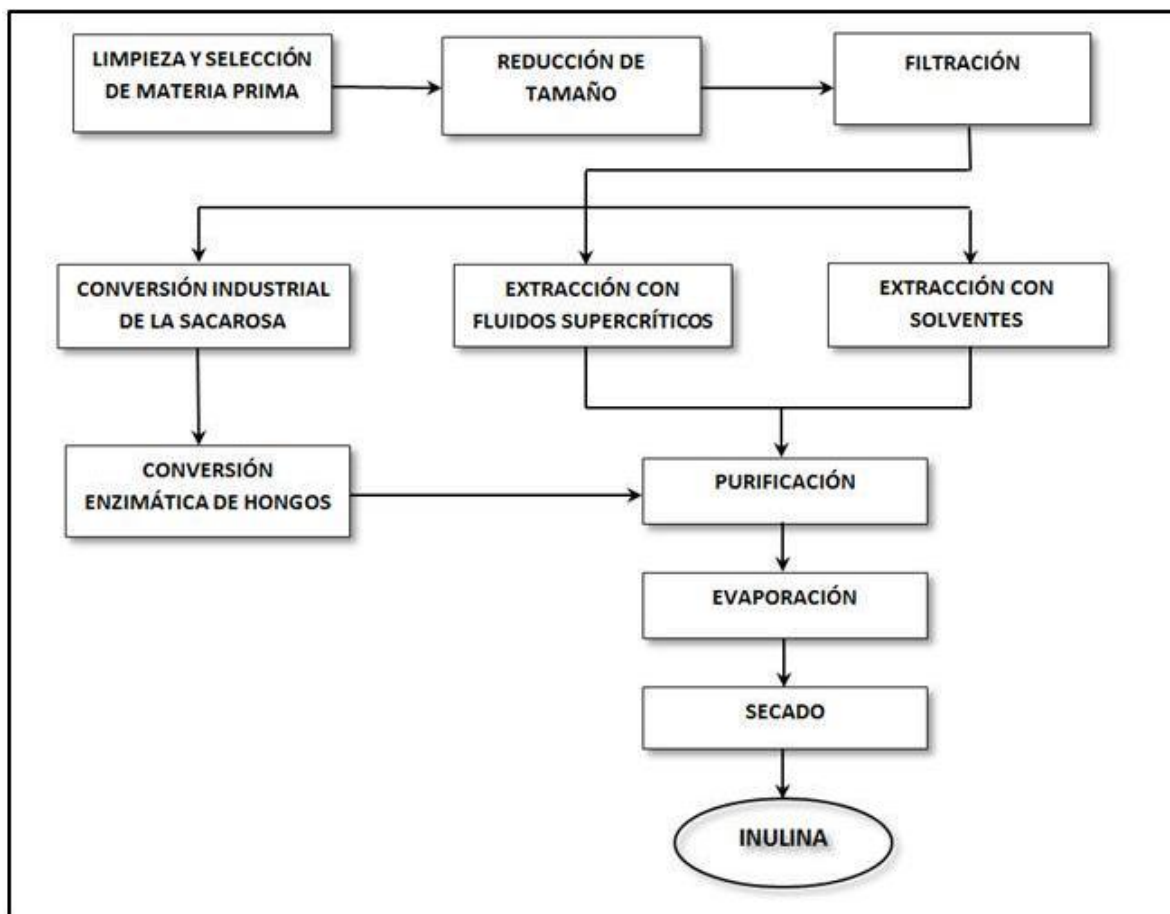
### 3.3 Método de obtención de la inulina.

Para la obtención de la inulina, comúnmente se utiliza la raíz de la achicoria (*Cichorium intybus*) debido a su alto contenido de este prebiótico. Sin embargo, existen otras fuentes alternativas como el yacón, ñame, ágave y cebolla que son materias primas fáciles de obtener en el mercado (Van Den Heuvel et al., 1999; Wang et al., 2015). Actualmente, los métodos más eficientes para la obtención de inulina y sus derivados se basan en la purificación de este polisacárido, siendo el secado y cristalizado los más comunes. Otra técnica novedosa y muy eficiente es el método en el cual se emplea CO<sub>2</sub> como fluido supercrítico mediante el uso de una cámara extractora (Li et al., 2020). Por otra parte, la técnica de la nanofiltración mediante cromatografía (HPLC) da muy buenos rendimientos, donde la purificación y cuantificación del polisacárido es aún mayor en relación con otras técnicas trabajadas (Domínguez-Vergara et al., 2009).

A continuación, en la Figura 2 se relaciona las etapas principales para la obtención de inulina mediante técnica convencional:

**Figura 2**

Principales etapas en la producción de inulina.

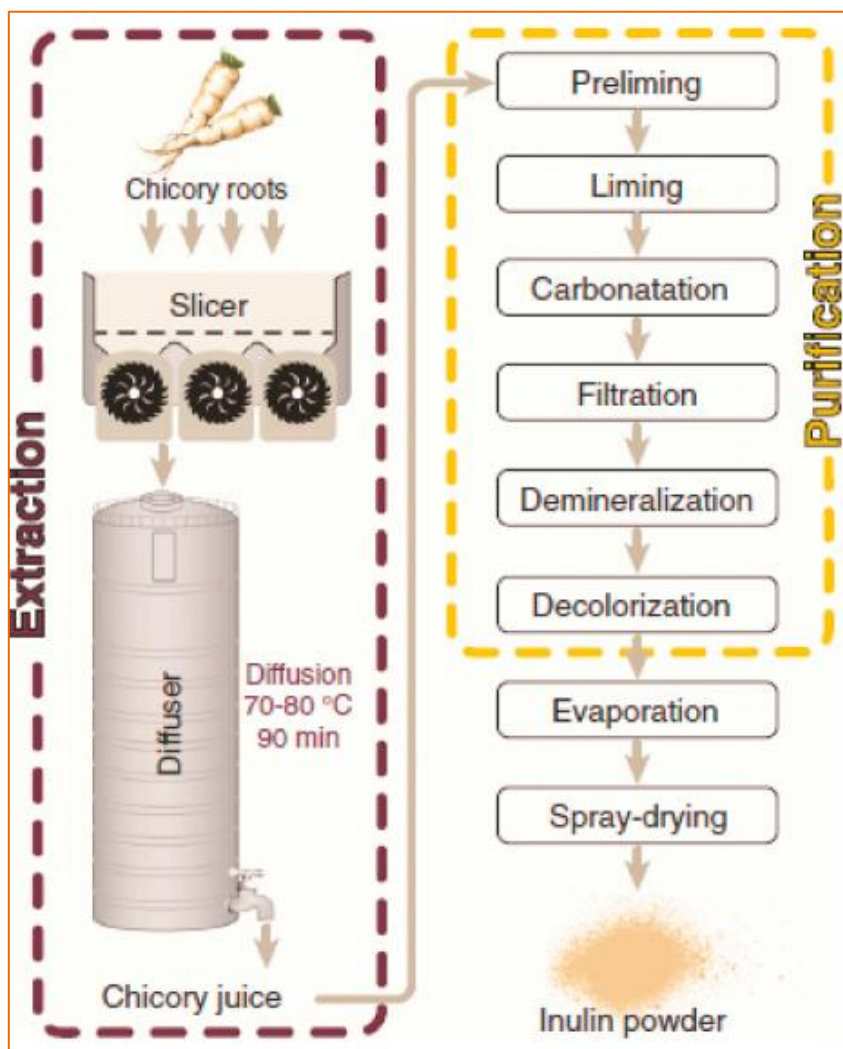


Nota. Adaptado de: (Moshfeqh et al., 1999b).

Asimismo, en la Figura 3 se presenta específicamente las operaciones involucradas en la obtención industrial de la inulina a partir de la raíz de achicoria. El proceso consta de dos etapas fundamentales que son la extracción y purificación del prebiótico.

**Figura 3**

Producción industrial de inulina a partir de la raíz de achicoria (*Cichorium intybus*).



Nota. Adaptado de (Giri et al., 2021).

En la etapa de extracción, una vez la materia prima es acondicionada, ésta se somete a un proceso de cocción a una temperatura que oscila alrededor de los 70-80°C durante 90-120 minutos hasta obtener un jugo turbio. Posteriormente, el jugo extraído se purifica aplicando operaciones de encalado primario, aplicando óxido de calcio y carbonatación con el fin de precipitar péptidos, proteínas y otras sustancias no deseadas. Luego, el jugo se desmineraliza mediante el uso de resina de intercambio iónico, pasando por un filtro de carbón activado para blanquearlo. Por último, la sustancia es filtrada mediante la utilización de un microfiltro con tamaños de poro de 0,2 µm y por último, es secada y pulverizada (Giri et al., 2021).

## **4 ASPECTOS GENERALES DE LOS PRODUCTOS CÁRNICOS**

Actualmente, la industria cárnica atraviesa por cambios significativos debido a las continuas innovaciones tecnológicas y por una creciente demanda hacia el consumo de productos cárnicos más sanos, con características nutricionales potencialmente funcionales con tendencias a la promoción de una buena salud (Fernández-López et al., 2021; Nikmaram et al., 2018). Por ser una fuente rica en proteínas de alto valor biológico, en aminoácidos esenciales y vitaminas del complejo B, los productos cárnicos juegan un papel importante en la dieta del ser humano. Es así, que la carne es reconocida como uno de los alimentos más completos en nutrientes esenciales (Hygreeva & Pandey, 2016).

Un producto cárnico es aquel preparado de forma parcial o en su totalidad, constituido por carne, despojos, grasa dorsal, sustancias ligantes, especias, sal curante y subproductos comestibles, procedentes de animales sanos (Honikel, 2008). Este tipo de alimento se caracteriza por ser una excelente fuente de proteínas de importancia biológica, con constituyentes inorgánicos y vitaminas. Sin embargo, presenta altos contenidos de ácidos grasos saturados debido a la adición de grasa de origen animal en el alimento la cual funciona principalmente como sustancia ligante. El consumo excesivo de grasa, está relacionado con el aumento de algunas enfermedades degenerativas y crónicas como la cardiopatía isquémica, cánceres específicos, obesidad, entre otras de igual importancia médica (Cofrades et al., 2017).

### **4.1 Clasificación de los productos cárnicos.**

De acuerdo a la NTC 1325 de 2008, los productos cárnicos procesados se clasifican como: frescos o precocidos, congelados o no (chorizo, salchicha fresca, albóndiga), crudos madurados o fermentados (chorizo, salami), cocidos (mortadela, salchicha, salchichón) y crudo madurado de pieza entera (lomo, jamón, cecina). (Norma Técnica Colombiana 1325 [Icontec], 2008).

Según Schmidt Hebbel. (1984) los productos cárnicos se clasifican como crudos, escaldados y cocidos. Los productos cárnicos o embutidos crudos se caracterizan porque no son sometidos a un proceso de escaldado y pueden ser o no madurados, consumiéndose en fresco o cocidos. Según sus fines, pueden a su vez clasificarse como productos de corta, media o larga duración.

Los productos cárnicos o embutidos escaldados se diferencian de los crudos debido a que son tratados mediante una técnica de cocción diferenciada en tiempo y temperatura, con la finalidad de reducir en un 95% o más la flora banal causante del deterioro del alimento. Por otro lado, el proceso térmico empleado desnaturaliza las proteínas miofibrilares confiriéndole al alimento aromas y una textura característica (Schmidt Hebbel, 1984).

Los embutidos o productos cárnicos cocidos se diferencian de los escaldados porque su proceso térmico es más prolongado en tiempo y temperatura, alcanzando una temperatura interna óptima de 82 °C. En comparación con los anteriores, su vida útil es corta (Schmidt Hebbel, 1984).

#### 4.2 Producción y consumo de carne en el mundo.

Según las cifras establecidas por la FAO en su informe Perspectivas Alimentarias 2019 y 2020, la producción de carne en el mundo fue de 337,3 y 336,5 millones de toneladas respectivamente, establecidas de la siguiente manera como lo muestra la Tabla 3:

**Tabla 3**

Producción de carne en el mundo para los años 2019 y 2020.

Producción (millones de toneladas)		
Producto cárnico	2019	2020
Carne de res	71,2	71,6
Carne de ave	124,8	128,4
Carne de cerdo	120,5	115,6
Carne de ovino	15,2	15,3
Total	337,3	336,5

Nota. Adaptado de: (FAO, 2019).

El consumo per cápita de carne en el mundo para ambos años fue de 44,0 y 43,4 kg de carne respectivamente, mientras que en el territorio colombiano, el consumo per cápita de carne para estos mismos años son bajos, como se muestra en la Tabla 4:

**Tabla 4**

Estimación del consumo per cápita de carne en el territorio colombiano.

Comparación de cifras consumo per cápita de carne		
Tipo de carne	Kg/habitante 2019	Kg/habitante 2020
Carne de res	18,6	17,1
Carne de ave	35,6	33,7
Carne de cerdo	11,1	10,8

Nota. Adaptado de: (FEDEGAN, 2020).

#### **4.3 Incidencia del consumo de carnes procesadas en la salud.**

El consumo regular de carnes procesadas tiene un impacto de forma negativa en la salud del consumidor, esto es, debido al asocio de grasa saturada, cloruro de sodio, sales curantes y otros aditivos de uso permitidos en el producto terminado. Estudios exhaustivos realizados durante los últimos diez años con relación a la ingesta de carnes procesadas, indican un aumento de muchos trastornos en la salud como es el caso de las enfermedades cardiovasculares, obesidad, cáncer colorrectal, entre otras (Abete et al., 2014; Micha et al., 2012). Es así, que el consumo a menudo de carnes procesadas eleva relativamente los riesgos de mortalidad en el consumidor de forma significativa de 15 a 21% (Pan et al., 2012; Wang et al., 2016)

Según Boada et al. (2016), estudios epidemiológicos han podido relacionar la ingesta de carne procesada con enfermedades como la obesidad, diabetes tipo 2, afecciones cardiovasculares y cánceres, concluyendo que la mayoría de estos estudios sugieren que un alto consumo de productos cárnicos están estrechamente asociados con un alto riesgo de padecer cáncer colorrectal, debido a sustancias que hacen parte de la matriz alimenticia y que se encuentran naturalmente en la carne como es el caso del ácido N-glicolilneuramínico, como también, agregados (grasas, sales curantes, aditivos) o que se pueden generar durante su proceso.

Por su parte, el Fondo Mundial de Investigación del Cáncer (WCRF) así como la Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer (IARC) por sus siglas en inglés, enfatizan que el incremento de cáncer colorrectal evidentemente está asociado con la



ingesta elevada de carnes procesadas ricas en grasa y sales curantes. Sin embargo, los mecanismos detrás de la carcinogenicidad de la carne procesada en el organismo humano aún no están claros, se argumenta que las posibles funciones de los ácidos grasos saturados, así como las aminas heterocíclicas, el hemohierro y los nitratos y nitritos actúan como vehículo de esta mortal enfermedad (Bouvard et al., 2015; Micha et al., 2012).

## **5 LA INULINA COMO ALTERNATIVA EN LA INDUSTRIA CÁRNICA**

Una de las principales bondades que ofrece la inulina a la industria de carnes procesadas es quizás el potencial que posee como sustituto de la grasa animal y como componente funcional en el producto terminado, haciéndola una alternativa prometedora para producir alimentos de excelente calidad nutricional y más sanos, reflejados en el bienestar de los consumidores, mejorando la calidad de vida al promover una buena salud.

La inulina al ser un polisacárido constituido como prebiótico, y a la vez como fibra dietaria, es imprescindible para mejorar diversas funciones del sistema duodenal y equilibrar los niveles de colesterol y triglicéridos en la sangre, es un recurso que mejoraría ciertos aspectos relacionados con el consumo de carnes procesadas, puntualmente con aquellas que tienen que ver con la ingesta de ácidos grasos saturados. De acuerdo con (Singh et al., 2019), la inulina tiene una gran importancia en la industria de los alimentos, debido a que actúa como insumo alimentario no digerible, estimulando selectivamente el crecimiento de bacterias bifidogénicas, así como su versatilidad para formar geles coloidales muy similares a las emulsiones cárnicas, siendo en ella un ingrediente activo (Seifert & Watz, 2007). También, contribuye a la asimilación de manera más fácil del calcio, hierro y zinc. Además, ayuda a la metabolización de ácidos grasos saturados, inmunomodulación, la glicemia e insulinemia, mejorando la homeóstasis de la encefalopatía hepática y la prevención del cáncer (Vandendriessche, 2008).

### **5.1 La inulina en la producción de alimentos cárnicos potencialmente funcionales.**

Estudios llevados a cabo por (Paglarini et al., 2018), donde se sustituía la grasa de cerdo en un 50% y 100% por distintos geles obtenidos de aceite de soya e inulina, carragenina, pectina y lecitina con propiedades emulsificantes, en salchichas de Bolonia, demostraron que al utilizar el prebiótico en un 5-7%, le atribuye al producto terminado una mejor textura, ya que mejora su jugosidad, apariencia y aceptabilidad en el sabor. La adición de inulina tuvo un papel importante en la salchicha con un 50% menos de grasa dorsal, donde el perfil lipídico compuesto por ácidos grasos saturados disminuyeron considerablemente, mientras que los poliinsaturados aumentaron en una proporción 3:1 (Paglarini et al., 2018).

(Šojić et al., 2011) en su artículo de investigación “Estudio del efecto de la inulina sobre la calidad de embutidos cocidos con reducido poder calórico” obtuvieron resultados sorprendentes con relación a las características fisicoquímicas y nutricionales de los productos terminados (salchicha tradicional y salchichón) donde se encontró que al sustituir parcial y totalmente la grasa dorsal de cerdo por inulina de forma prehidratada se mejora notablemente las propiedades organolépticas y reológicas del alimento, así como el perfil de ácidos grasos insaturados, haciéndolo más atractivo debido a su bajo poder energético.

Un estudio reciente realizado por (Zhang et al., 2020) sobre las propiedades moleculares de la inulina para formar geles estables con la miosina porcina en concentraciones del prebiótico de 1%, 2%, 3%, 4% y 5% en el producto terminado, demuestra que la inulina posee propiedades excepcionales para retener humedad y lograr una retención de agua por encima al de la grasa animal, proporcionando una microestructura definida con propiedades reológicas propias de una emulsión estable. La inulina en el producto terminado mostró una gran aceptación, debido a las características que el alimento presentó al realizarse un análisis riguroso, puesto que hubo un notable mejoramiento del gel de miosina con una concentración del 2 y 3% de inulina, mejorando notablemente las propiedades funcionales de la proteína.

(Rodríguez Furlán et al., 2014) determinaron los efectos de la inulina y las proteínas de plasma bovino como sustituto de la grasa animal sobre la calidad de la emulsión cárnica, donde los análisis realizados en el alimento fueron texturales, sensoriales, composicionales y de estabilidad de la emulsión. Los resultados obtenidos en las distintas formulaciones con porcentajes de inulina del 1, 2, 3 y 4% y plasma bovino del 1, 2, 2.5 y 3% mostraron un incremento del contenido de proteínas en la emulsión y una reducción de grasa en un rango de 20 a 35% en el producto terminado. En la emulsión cárnica, no se observaron cambios relevantes en las características sensoriales, mientras que la combinación de inulina (2% p/p) con la proteína plasmática bovina (2.5% p/p) tuvo la mejor aceptabilidad con respecto a la consistencia y drenaje de grasa del alimento. El análisis de textura en el producto terminado reveló que la emulsión con las concentraciones de inulina y proteína de plasma del 2 y 2.5% respectivamente, fue el que más se pareció a la muestra control con relación a la jugosidad, la dureza, la masticabilidad, la gomosidad, la elasticidad y cohesividad.

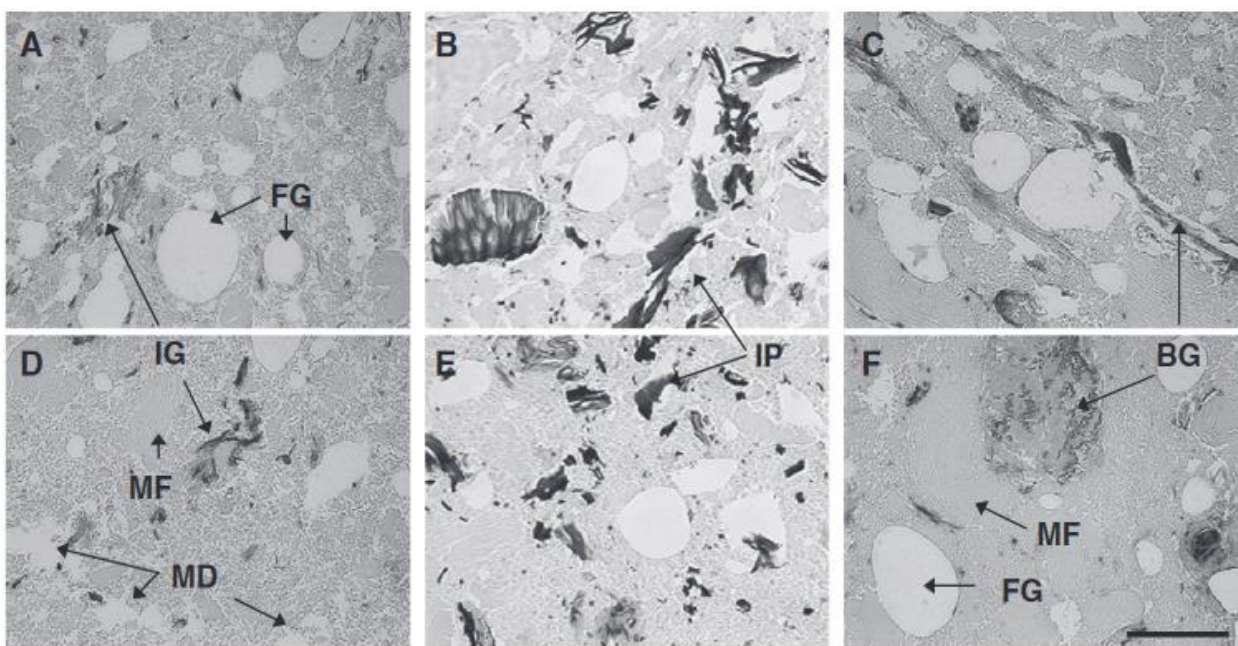
Álvarez & Barbut (2013) por su parte, estudiaron los efectos de la inulina como sustituto parcial de la grasa dorsal de cerdo sobre la estabilidad de la emulsión cárnica escaldada, utilizando inulina en forma de gel (hidratada) y en polvo en el producto terminado a una concentración de 2 a 8%. Los resultados obtenidos mediante

micrografías de luz (Figura 4) mostraron que la inulina en forma de gel hasta en un 6% en el alimento escaldado proporciona una mejor estabilidad en la estructura de la emulsión en comparación con la inulina en polvo, debido a que las emulsiones que contenían inulina en forma de gel presentaron texturas más suaves, cremosas y de coloración aceptable. En cambio, las emulsiones con inulina en polvo presentaron texturas más duras y de alta fracturabilidad, con tonalidades más oscuras, evidenciando afectación en el parámetro del color. En conclusión, según los autores, la adición apropiada de inulina en gel (3% y 6%) podría compensar algunos de los cambios provocados por la sustitución de grasa, manteniendo las características texturales y sensoriales del producto respecto a la muestra control.

En la Figura 4, sección A y D se puede apreciar que la inulina en forma de gel (6%), hace que la emulsión sea más uniforme, debido a la adecuada dispersión de las gotas de grasa. En las secciones B y E, en cambio, la inulina en polvo a la misma concentración que en A y D, le da a la emulsión una apariencia menos uniforme, donde se puede apreciar la distribución no adecuada de la grasa en la matriz cárnica.

#### Figura 4

Micrografía de la emulsión cárnica: (A) 12,5% de grasa y 6% de gel de inulina (IG); (B) 12,5% de grasa y 6% de inulina en polvo (IP); (C) 12,5% de grasa y 0,6% de  $\beta$ -glucano (BG); (D) 5% de grasa y 6% de IG; (E) 5% de grasa y 6% de IP; (F) 5% de grasa y 0,6% de  $\beta$ -glucano. MF (fibras musculares); FG (glóbulos de grasa); MD (discontinuidad de la matriz).



Nota. Adaptado de: (Álvarez & Barbut, 2013).

Beriain et al. (2011) evaluaron los parámetros de calidad de la salchicha tipo pamplonés mediante el uso de cuatro formulaciones diferentes y enriquecidas con inulina y aceite de oliva. De los cuatro lotes preparados, tres fueron fortificados con 3%, 6% y 10% de inulina. Los resultados mostraron que la salchicha con un contenido de 6% de prebiótico dio como resultado un producto bajo en grasa, con un perfil rico en ácidos monoinsaturados debido a la emulsión preparada con alginato de oliva e inulina, conservando así las características sensoriales propias del alimento tradicional.

A su vez, Keenan et al. (2014) analizaron el impacto de la inulina sobre las características fisicoquímicas y la calidad alimentaria en un tipo de salchicha comercial aplicando un modelo experimental mediante análisis de superficie de respuesta. En dicho experimento, la cantidad de prebiótico utilizado para la preparación de la emulsión cárnica fue de 10-18,7% p/p, demostrando así que la inulina no se vio afectada por el calor durante el proceso de cocción de la salchicha y que, además, la adición

porcentual de inulina disminuyó drásticamente la pérdida de peso debido a la cocción del alimento cárneo, dando como resultado una mejor estabilidad de la emulsión. Sin embargo, un contenido por encima del 12% de inulina en la salchicha modifica la textura y por consiguiente afecta la calidad del producto terminado. Los autores del estudio, concluyeron que el modelo experimental utilizado arrojó dos formulaciones con contenidos adecuados de inulina (10 y 11,5%) para producir un efecto prebiótico en la salud.

Cegielka & Tambor (2012) en su investigación, elaboraron hamburguesas de pollo con cuatro formulaciones de inulina de 0, 1, 2 y 3%, realizando análisis fisicoquímico y sensorial como parámetros de calidad en el producto terminado. De acuerdo con los resultados obtenidos, los autores demostraron que la adición de inulina en las diferentes concentraciones no altera las propiedades organolépticas, pero sí mejora significativamente la fuerza de corte en el alimento cocido. Además, la inclusión de inulina presenta diferencias leves en la composición química y en el valor energético de las hamburguesas, haciéndolas un alimento potencialmente funcional, con un bajo perfil en ácidos grasos saturados.

Hayes et al. (2011) en su estudio denominado “Efecto de la inulina como fibra prebiótica sobre las propiedades organolépticas y tecnológicas de las salchichas de cerdo para desayuno estándar y bajo en grasa” evaluaron el efecto de la inulina como sustituto parcial de la grasa en concentraciones de 2.5, 5.0 y 7.5% en el alimento cocido, concluyendo que el prebiótico no afectó en lo más mínimo las características sensoriales, la pérdida de peso del alimento y capacidad de retención de agua. Cabe anotar, que el producto cárnico con un 2.5% de inulina, contribuyó a mejorar sustancialmente el sabor, la jugosidad y la textura, muy similar a la muestra testigo reducida en grasa. Sin embargo, la adición de inulina como fibra prebiótica en proporción de 5 y 7.5% redujo significativamente la estabilidad de la emulsión cárnica. En conclusión, Hayes et al. (2011) manifestaron que es posible elaborar una salchicha de cerdo estándar hasta con un porcentaje del 5% de inulina sin obtener cambios significativos que perjudiquen la calidad del producto con características altamente funcionales.

Estudios realizados por Alaei et al. (2018) en salchichas de pollo con 25, 50, 75 y 100% de inulina como sustituto de la grasa animal, analizaron los efectos en propiedades fisicoquímicas, texturales, sensoriales y nutricionales en el producto cárnico cocido. Los resultados indicaron que el máximo contenido de inulina en la salchicha mejora sustancialmente las propiedades nutricionales, reduciendo la dureza, cohesión y gomosidad con respecto a las muestras control. Así mismo, las propiedades sensoriales

como el color, textura y la apariencia mejoraron significativamente. En conclusión, la inclusión de inulina en la salchicha de pollo en las concentraciones antes descritas presentan mejores resultados a nivel sensorial, textural, fisicoquímico y calórico.

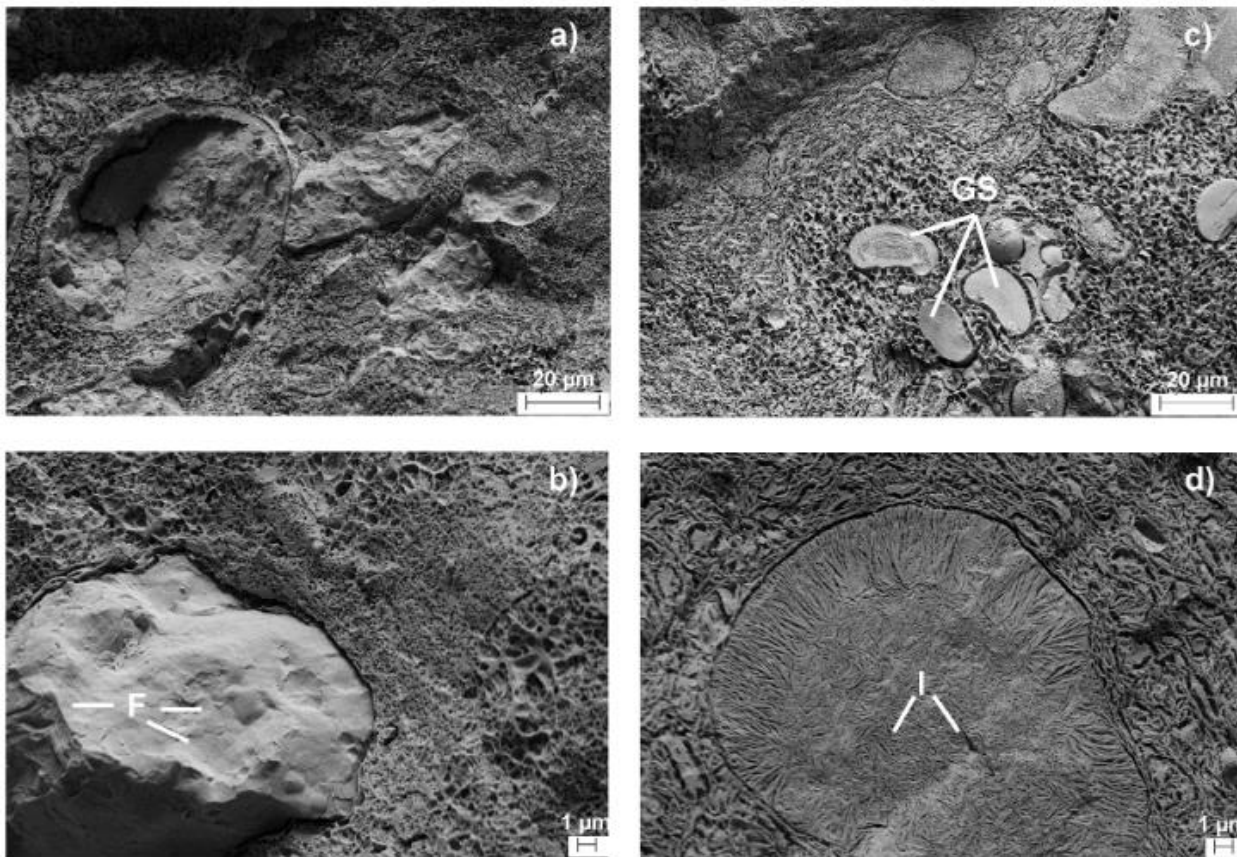
Por su parte, Menegas et al. (2013) evaluó el efecto de la inulina en salchichas de pollo fermentadas en seco como sustituto parcial del aceite de maíz durante un periodo de 45 días y almacenadas a 4 °C. Los resultados mostraron que la reducción del aceite de maíz en un 60% mediante la adición de inulina en las salchichas de pollo no produjo cambios significativos en las características fisicoquímicas y microbiológicas pero si en las cualidades sensoriales como el color y la textura. Sin embargo, propiedades como el sabor mejoraron significativamente, logrando una gran aceptación por el panel sensorial calificado.

Keenan et al. (2014) estudiaron los efectos de dos tipos de inulina comercial utilizada como sustituto de la grasa animal sobre las propiedades reológicas, de calorimetría y microscópica de una salchicha estándar mediante resonancia magnética nuclear. El porcentaje de inulina en la salchicha fue del 7%, 18,7% y 27,5%. Como resultado, se pudo demostrar que a concentraciones del 7 y 18,7% de inulina en el producto terminado hay mayor retención de humedad, lo cual le confiere una jugosidad similar a la muestra control. Las propiedades microestructurales llevadas a cabo por microscopía electrónica de barrido demostraron que la emulsión a base de inulina es más homogénea en comparación con la salchicha que contenía grasa animal, puesto que el diámetro de los depósitos de grasa en las muestras analizadas es más evidente. Sin embargo, propiedades como el color y la cremosidad con concentraciones del 27,5% de inulina, fueron inferiores que la muestra patrón.

A continuación, se presenta el esquema gráfico (Figura 5) de la microscopía electrónica de barrido obtenida en este estudio. En ella, se aprecia que la muestra d (con inulina) es la que mejor uniformidad presenta con relación a su composición microestructural, en relación con las demás muestras analizadas, mostrando que la inulina forma geles estables y de mayor homogeneidad que la grasa animal.

## Figura 5

Microscopía electrónica de barrido de las muestras control (a y b), (F) grasa y muestras exentas de grasa (c y d) donde (GS) almidón gelatinizado, (I) inulina.



Nota. Adaptado de: (Keenan et al. 2014).

Huang et al. (2011) analizaron los efectos de la fibra de trigo, avena e inulina en salchichas al estilo chino sobre las propiedades sensoriales, texturales y de composición, donde el porcentaje de la fibra y de la inulina utilizada para la preparación de la emulsión cárnica fue del 3,5% y 7,0%. El estudio concluyó, que las concentraciones antes mencionadas de inulina en el producto terminado no influyeron significativamente en las propiedades sensoriales ni mucho menos en los parámetros texturales (dureza, elasticidad, gomosidad, cohesividad, palatabilidad) de la salchicha. Sin embargo, las muestras que contenían fibra de trigo y avena por encima del 3,5% presentaron mayor dureza y apariencia seca, afectando drásticamente el color. En conclusión, la adición de inulina al 3,5 y 7,0% en salchichas al estilo chino es una alternativa para aumentar la calidad nutricional del alimento, lo cual la hace más atractiva al consumidor, debido al bajo aporte calórico relacionado con la disminución



del perfil lipídico de la salchicha.

Por su parte, Cáceres et al. (2004) analizaron la incidencia de un fructooligosacárido (FO) de cadena corta (prebiótico derivado de la inulina) sobre las propiedades organolépticas y texturales en salchichas y salchichones estándar. El rango porcentual de fructooligosacárido como sustituto parcial de la grasa animal en dichos ensayos fue del 2% al 12% de la composición final del producto terminado, alcanzando una reducción de la grasa animal por encima del 40%. Como resultado, se pudo demostrar que los parámetros de dureza, elasticidad, gomosidad, cohesividad, jugosidad y fracturabilidad en las muestras analizadas no tuvieron afectación significativa por las concentraciones del FO. Cabe resaltar, que la reducción calórica en los productos cárnicos estudiados se redujo hasta en un 35%, mejorando la apariencia. Los investigadores llegaron a la conclusión que la sustitución parcial de la grasa animal a partir de los derivados de inulina como el FO en productos cárnicos cocidos, son una fuente rica en fibra dietaria de alto valor biológico, el cual plantea la posibilidad de producir alimentos más saludables, con un bajo perfil calórico encaminados a la prevención de enfermedades relacionadas con la ingesta de ácidos grasos saturados.

Un estudio llevado a cabo por Araujo et al. (2021) con relación a los efectos de la reducción de la grasa animal a partir de fructooligosacáridos FOS e inulina en salchichas cocidas y fermentadas, demostraron que la tendencia del prebiótico FOS fue la de contribuir al mejoramiento de las propiedades nutricionales, tecnológicas y de textura en las muestras de embutidos analizados. En la investigación, la adición del prebiótico fue de 3%, 6% y 9% en el producto terminado. Los análisis fisicoquímicos, sensoriales y de textura arrojaron que las muestras a diferentes concentraciones de FOS del producto cárnico cocido y fermentado durante 27 días no afectaron en lo más mínimo las propiedades organolépticas como el color, sabor y textura. El contenido de grasa se redujo hasta en un 40% y además, la cantidad del prebiótico no disminuyó en el periodo de almacenamiento, llegando los investigadores a la conclusión que es una alternativa con alto potencial para elaborar productos cárnicos cocidos fermentados reducidos en grasa, siendo benéfico para la salud.

Bis-Souza et al. (2020) redujeron parcialmente el contenido de grasa dorsal de cerdo en el salchichón español mediante la adición de fructooligosacáridos FOS, con un contenido del 3,5 y 5% de este prebiótico en el producto cárnico y además, inoculado con *Lactobacillus paracasei* y *rhamnosus*. Los resultados obtenidos, evidenciaron una reducción significativa del contenido graso del salchichón, alrededor del 29%, sin indicios de alteración de las propiedades sensoriales y fisicoquímicas del embutido. Cabe resaltar, que el contenido de FOS no se redujo significativamente, incidiendo

positivamente en la disminución de enterobacterias y levaduras, debido a que actuó como sustrato para el crecimiento de las bacterias lácticas inoculadas.

Silva et al. (2019) elaboraron un jamón cocido con un bajo contenido graso y cloruro de sodio, donde la grasa animal fue sustituida sustancialmente por inulina (3,5-4,5%) y aceites esenciales (orégano y romero). Se pudo establecer, que la inulina en las concentraciones de 3,5% y 4,5% no afectó en lo más mínimo los parámetros fisicoquímicos (pH, humedad, color, rancidez, composición nutricional) mientras que los aceites esenciales actuaron como agente antimicrobiano de la flora natural del jamón. El contenido de grasa se redujo significativamente en un 17%, logrando un alimento más saludable debido al contenido del perfil graso. De acuerdo con los resultados obtenidos, los autores sugieren que la combinación de inulina (4,5%) y 2,0% de aceites esenciales prometen ser una alternativa para la elaboración de productos cárnicos más sanos.

Souza et al. (2019) mediante la adición de inulina (2-6%) y fibra soluble de avena (0,5-3,5%) en salchicha cocida tipo Paio, sustituyeron parcialmente la grasa animal como alternativa al procesamiento de productos cárnicos más sanos, enriquecidos con fibra prebiótica, encaminada a la promoción de la buena salud y el bienestar del consumidor. Como era de esperarse, las salchichas tipo Paio presentaron una reducción significativa de grasa, alrededor de los 60,78% y 63,16%. Es de resaltar, que la adición de inulina en combinación con la fibra de avena produjo un aumento de humedad en la salchicha, confiriéndole mayor jugosidad y una mejor textura, similar que las muestras control. Sin embargo, un contenido de fibra alrededor del 3,5% en el producto terminado afectó drásticamente el parámetro del color, debido a que ésta contribuyó a la disminución de la luminosidad. En conclusión, un contenido del 6% de inulina y 0,85% de fibra soluble en la salchicha no afecta en absoluto los atributos sensoriales (sabor, textura, color) y parámetros tecnológicos (cocción, desnaturalización de las proteínas miofibrilares, pérdida de calor), siendo una alternativa para elaborar productos cárnicos con propiedades funcionales.

de Souza Paglarini et al. (2021) elaboraron salchichas de Bolonia a partir de una emulsión rica en inulina, proteína aislada y aceite de soya como alternativa para la sustitución de la grasa animal, las salchichas obtenidas fueron almacenadas a 4°C durante un periodo de 2 meses. Las salchichas presentaron una reducción porcentual de grasa del 11 al 34% mientras que el contenido de fibra prebiótica aumentó significativamente gracias a la hidrólisis de la inulina. Así mismo, se presentó un incremento en el contenido de ácidos grasos poliinsaturados. Un efecto positivo en los parámetros del color fue que las salchichas enriquecidas con inulina (3-5%), aislado de

soya (2,5-3,5%) y aceite de soya (1,5%) redujeron significativamente el mal aspecto del color (enrojecimiento y verdor) debido al aumento de la luminosidad ( $L^*$ ) y disminución del valor de  $a^*$ , mientras que las muestras control de salchichas presentaron tonalidades no agradables y un aspecto poco atractivo. Por otro lado, los resultados obtenidos mediante resonancia magnética nuclear en las muestras de salchicha con inulina y derivados de la soya sugieren que una adecuada cantidad de prebiótico (alrededor de los 4,5%) y aceite de soja (1,5%), ayuda a recuperar sustancialmente la estructura de la emulsión a causa de la disminución de la grasa animal y el cloruro de sodio, mejorando la elasticidad, la cohesividad y textura, dándole una apariencia jugosa y una muy buena aceptabilidad por parte del panel sensorial (de Souza Paglarini et al., 2021).

Menegas et al. (2017) por su parte, evaluó los efectos sobre las características fisicoquímicas y organolépticas al agregar inulina como fibra prebiótica en un 7% en salchichas de pollo fermentadas en seco. La inulina en el producto cárnico tuvo como objetivo sustituir parcialmente el aceite de maíz hasta en un 53%. Los resultados indicaron que la inulina juega un papel importante a la hora de reducir el perfil lipídico del aceite de maíz, ya que estos tienden fácilmente a la rancidez, debido a la oxidación de los ácidos grasos insaturados. El contenido de proteínas disponible en las salchichas después del secado fue mayor con relación a la muestra control. También, la humedad mejoró considerablemente respecto a las muestras control las cuales presentaron una mayor pérdida de agua ligada. Así mismo, la inulina contribuyó positivamente a la modificación de las características fisicoquímicas de la salchicha tales como acidez titulable, pH y humedad final (Menegas et al., 2017).

Vásquez Villalobos et al. (2010) estudiaron los efectos de la inulina y la oligofruktosa como sustituto parcial de la grasa sobre la textura de la salchicha viena, donde el porcentaje óptimo de fibra prebiótica fue del 15%, mientras que el de la oligofruktosa osciló en un 30%. El esfuerzo máximo de corte evaluado en la salchicha con un 15% de inulina es inversamente proporcional al contenido de fibra prebiótica, puesto que el esfuerzo disminuye al aumentar la inulina. En cambio, al incrementar la oligofruktosa por encima del 30% en la salchicha, el esfuerzo máximo de corte aumenta. En conclusión, concentraciones del 15% de inulina y 30% de oligofruktosa en la salchicha tipo viena no afecta las propiedades texturales, siendo muy similares a las muestras control.

Araujo et al. (2021) analizaron el efecto de la inclusión de inulina y fructooligosacáridos a concentraciones de 2,5 y 5% en salchichas de pollo, con la finalidad de evaluar las propiedades texturales, organolépticas, nutricionales y el perfil tecnológico mediante la estabilidad de la emulsión. Los resultados obtenidos revelaron que las muestras de

salchicha a concentraciones de 2,5% y 5 % de fibra prebiótica no inciden en las propiedades sensoriales, texturales ni en la retención de agua durante la cocción y por exudación. Sin embargo, las salchichas con 2,5% de inulina son las que mejor resultados arrojaron en estabilidad de la emulsión cárnica y en reducción de la pérdida de humedad. Ahora bien, las salchichas con 5% de inulina mejoraron significativamente el sabor y la textura en comparación con las muestras control, reflejando una reducción de grasa hasta del 100%, con altos niveles de fibra y cenizas.

Silva-Vazquez et al. (2018) estudiaron la incidencia de la inulina y pectina en la estabilidad de la emulsión cárnica para posteriormente elaborar salchichas Frankfurt. Los contenidos de inulina en las pastas cárnicas fueron del 7.5, 15 y 30% mientras que el de la pectina estuvo alrededor del 7.5 y 15%. Los resultados indicaron que las muestras de pasta cárnica con 15% de inulina y el mismo porcentaje en pectina como sustituto parcial de la grasa animal, mejoran significativamente las propiedades sensoriales y texturales en el producto terminado. En conclusión, los autores indican que la inclusión de fibra prebiótica y pectina (15%) en la emulsión cárnica son una alternativa para elaborar productos cárnicos potencialmente funcionales sin afectación de las propiedades fisicoquímicas y tecnológicas.

Baracco et al. (2017) estudiaron el efecto de las combinaciones de inulina, carragenina y proteínas de plasma bovino sobre las propiedades sensoriales, texturales y fisicoquímicas en salchichas tradicionales con bajo contenido en grasa animal. Las salchichas con 2.5% de inulina, 1.5% de carragenina y 1% de proteína de plasma bovino no presentaron cambios significativos en las propiedades antes mencionadas, mientras ayudan a mejorar la estabilidad de la emulsión, previniendo la pérdida de peso de la salchicha en la operación de cocción. Los autores concluyen que la sustitución parcial de la grasa animal por la combinación de inulina, carragenina y proteína de plasma a las concentraciones anteriormente descritas son una alternativa para producir productos cárnicos con bajo perfil calórico.

Serdaroğlu et al. (2017) evaluaron los efectos de la inulina, gelatina y aceite de oliva como sustituto de la grasa de res sobre la calidad y las propiedades funcionales de una emulsión cárnica. El contenido máximo de inulina y de gelatina como agentes gelificantes en la pasta cárnica fue de 3,5 y 2% respectivamente. Los resultados mostraron que tanto la inulina como la gelatina ayudan a mejorar significativamente las propiedades sensoriales como el color, la jugosidad y la textura. Así mismo, la estabilidad de la emulsión mejoró siendo muy similar a la muestra control. Los investigadores concluyeron que el gel a base de inulina y gelatina como también el aceite de oliva en una concentración del 3-6% sustituye hasta en un 50% la grasa

animal, confiriéndole a la pasta cárnica propiedades funcionales debido a la inclusión de fibra prebiótica, a la vez que mejora las propiedades tecnológicas como el rendimiento de cocción y pérdida de peso.

Peña et al. (2020) evaluaron las propiedades texturales, sensoriales, composición fisicoquímica y análisis microbiológico en muestras de salchicha estándar las cuales contenían un porcentaje de 0-12% de inulina, 8-12% de grasa animal y 4% de almidón modificado de papa. Como resultado de las pruebas analizadas, se llegó a la conclusión que un contenido del 6,67% de inulina y 8,73% de grasa animal en el producto terminado no afecta el color, sabor y textura. Sin embargo, el contenido de inulina afectó la dureza, incrementándola con relación a la muestra control, pero sin perjudicar la jugosidad de la salchicha. Las características fisicoquímicas como el pH, la acidez titulable y la pérdida de humedad fueron irrelevantes.

## **5.2 Beneficios de la inulina en la salud del ser humano.**

Por ser clasificada como un prebiótico a nivel de fibra dietaria, a la inulina se le atribuyen propiedades funcionales que inciden positivamente en la salud de las personas cuando ésta es consumida en proporciones adecuadas y de manera regular. Se sabe con certeza que la inulina es aprovechada por la microbiota benéfica alojada en el colón, que al ser utilizada como sustrato por estos microorganismos es degradada parcial o en su totalidad, produciendo de esta manera ácidos grasos de cadena corta, especulándose que posiblemente pueden ayudar al mejoramiento de la salud humana (Tripodo & Mandracchia, 2019).

El suministro de alimentos enriquecidos con inulina (alimentos funcionales) en pacientes con diabetes tipo 2 posee un efecto positivo, debido a su bajo índice glicémico y contenido calórico (1,5 kCal/g), en comparación con los hidratos de carbono solubles. Por tanto, este prebiótico es utilizado en el tratamiento de la obesidad y en la reducción de ácidos grasos saturados en el fluido sanguíneo. Además, la inulina posee alto poder antioxidante (Shang et al., 2018).

Estudios llevados a cabo por Krupa-Kozak et al. (2016) demostraron que la inulina no afecta en lo más mínimo la biodisponibilidad de iones de importancia nutricional como el calcio, magnesio y hierro, en comparación con otros tipos de fibra dietaria que si influyen negativamente en la absorción de estas sustancias inorgánicas. El prebiótico de la inulina, ayuda a incrementar la adsorción de los iones de Ca, Mg y Fe hasta en un

60% (Van Den Heuvel et al., 1999).

Boscher et al. (2006) estudiaron la incidencia de la inulina en el cáncer de colon y las enfermedades inflamatorias del intestino, donde pudieron demostrar que la ingesta del prebiótico ayuda a reducir sustancialmente la inflamación del colon, permitiendo el desarrollo selectivo de las bifidobacterias, las cuales previenen las alteraciones a nivel del tracto colorrectal provocadas por bacterias patógenas, ya que se produce bacteriocinas y butirato como producto del metabolismo de la inulina. Es así, que el butirato y las bacteriocinas inhiben las citocinas proinflamatorias, previniendo el cáncer colorrectal (Guarner, 2007; Segain et al., 2000).

Otros estudios llevados a cabo por Pool-Zobel et al. (2002) sostienen que si es viable que la ingesta regular de inulina ayude a prevenir el cáncer de colon, ya que al mejorar la microbiota benéfica, estas producen sustancias capaces de remover y eliminar células cancerígenas. Sin embargo, este mecanismo no es del todo probado, aunque si existe la plena convicción que la inulina si tiene que ver con la promoción de propiedades anticancerígenas debido a la producción de butirato (Qamar et al., 2016).

Di Bartolomeo et al. (2013) sustenta que la inulina posee múltiples efectos benéficos al ser aprovechadas por la microbiota del colon, ya que al ser sintetizada genera como producto del metabolismo sustancias polifuncionales como el caso del acetato y el butirato. Uno de estos efectos en la salud es la previsión de los mecanismos de diversas enfermedades tales como el cáncer de color, la diabetes mellitus, la obesidad, entre otras (Imran et al., 2012; Mensink et al., 2015).

Estudios realizados por L. Wang et al. (2019) revelaron que la inulina actúa como medio difusor para la administración de medicamentos relacionados con el tratamiento de enfermedades del colon, debido a que ésta no se digiere en el tracto estomacal e intestino delgado. Así mismo, los autores concluyen que la inulina posee un potencial para minimizar las enfermedades a nivel del colon, por lo que sus componentes bioactivos son imprescindibles en la fisiología de la microbiota benéfica (*Lactobacillus* y *bifidobacterium*) que desempeñan un papel fundamental en el mejoramiento general de la salud de las personas (Xu et al., 2020; Zhu et al., 2018).

Sartor (2004) en su estudio sobre la incidencia de los prebióticos como estimuladores de crecimiento y desarrollo del microfloramiento entérico para el tratamiento de las enfermedades intestinales inflamatorias, estableció que al combinarse la inulina, sus derivados y una ingesta regular de éstos, prevé un mejoramiento de la salud en personas que padecen este tipo de enfermedades, siendo viable para tratar pacientes

con problemas de colon irritable. Su estudio concluyó que la inulina y sus derivados (oligosacáridos, fructooligosacáridos, entre otros fructanos) mejoran significativamente las funciones del organismo, reduciendo el riesgo de contraer enfermedades intestinales, ya que al reducirse la microflora patógena causante de afecciones a nivel del colon, se gozaría de una mejor disponibilidad de iones de bioelementos que contribuyen con el buen funcionamiento del tracto intestinal (Akin et al., 2007; Weaver, 2005; Yurrita et al., 2014).

Por su parte, Z. Zhu et al. (2019) pudo establecer que ratones de laboratorio con una alimentación moderadamente alta en inulina y sus derivados, presentan excelentes beneficios para mantener una microbiota sana, logrando así que por medio de la fermentación de estos prebióticos en el intestino grueso, se genere una amplia variedad de productos como acetato, propionato y butirato. Así mismo, la fermentación de la inulina y sus derivados como consecuencia del metabolismo microbiano, además, produce lactato, succinato y piruvato, sustancias que al ser liberadas en el organismo, tienen un impacto positivo en el mejoramiento del sistema digestivo, y en el sistema inmunológico, lo que ayuda a disminuir el riesgo de enfermedades inflamatorias a nivel colono rectal, previniendo el síndrome metabólico y las infecciones que pueden estar asociadas con bacterias patógenas. Cabe resaltar, que los autores afirman que la ingesta regular de prebióticos como la inulina y sus derivados en forma de suplemento alimenticio o el consumo de alimentos ricos en éstos, contribuyen significativamente a disminuir el riesgo de contraer cáncer. Esto, debido a que las sustancias producidas mediante la fermentación de la inulina, tiene la capacidad de modular el metabolismo de los lípidos de cadena larga y eliminar toxinas capaces de causar daños colaterales.

El estudio realizado por Reimer et al. (2020) en personas adultas alimentadas con barras de refrigerio que contenían de 3 a 7 gramos de inulina y en sus formas de sus derivados (fructooligosacáridos y oligosacáridos) demostraron que el consumo del prebiótico como fibra dietaria contribuye significativamente al desarrollo de *Bifidobacterium* en el tracto intestinal, lo cual supone que este crecimiento selectivo de microflora puede ayudar a contribuir en la prevención de enfermedades relacionadas con el colon irritable y disminuir toxinas causadas por el metabolismo de ciertas bacterias de alta patogenicidad. Así mismo, el enriquecimiento de alimentos con inulina, ayudaría a disminuir la brecha de fibra dietética que prevalece en la vida moderna.

Por otro lado, estudios efectuados por Del Fabbro et al. (2020) en la ingesta de inulina y sus derivados en alimentos enriquecidos con estos prebióticos denominados fibra dietaria, establecieron que al ser fermentados y aprovechados en el tracto intestinal por bacterias benéficas, su metabolización contribuye en el incremento de células

inmunitarias intestinales y sistémicas, puesto que al ser aprovechadas por células tales como las epiteliales intestinales, monocitos y células macrófagas, éstas modulan la producción de citocinas y estimulan en gran parte la maduración de células inmunes, capaces de contrarrestar enfermedades del colon.

Van den Abbeele et al. (2018) por su parte, estudiaron en personas adultas la incidencia de la metabolización de la inulina y los arabinosilo-oligosacáridos AXOS en el intestino delgado por bacterias benéficas, mediante la modulación de metabolitos de estos prebióticos en células macrófagas y epiteliales, produciendo evidentemente una mayor cantidad de sustancias tales como butirato, acetato y propionato, responsables de crear una respuesta inmune en células epiteliales y somáticas que componen gran parte del tracto intestinal, capaces de desechar toxinas, relacionadas con la producción de hinchazón del colon y deformación de células epiteliales, para posteriormente convertirlas en células cancerosas. Tal estudio, concluye que los metabolitos producidos por la fermentación del prebiótico, afecta positivamente la salud de las personas, ya que éstos ayudan a crear barreras protectoras contra la invasión de patógenos y a prevenir enfermedades inflamatorias intestinales. Además, regula el apetito debido a la secreción y modulación de péptidos gastrointestinales involucrados en esta actividad. Así mismo, contribuye significativamente en el metabolismo de lípidos.

Closa-Monasterolo et al. (2013) en su estudio “Seguridad y eficacia de la suplementación con inulina y oligofruktosa en fórmulas para lactantes: resultados de un ensayo clínico aleatorizado” pudieron demostrar que la ingesta adecuada de estos prebióticos (0,8 g/dL de alimento) en bebés, contribuye a mejorar la flora microbiana, con una tendencia al alza de bifidobacterias, las cuales son de vital importancia para el crecimiento y un sano desarrollo de los lactantes. El estudio, pudo establecer que en los 4 primeros meses de los lactantes, la inulina y oligofruktosa es eficaz para promover una flora intestinal muy similar a la de la lactancia materna, tratando enfermedades recurrentes en los bebés como las de tipo gastrointestinal en la cual se destaca el estreñimiento.

Drabińska et al. (2018) en su estudio basado en el análisis del perfil plasmático y excreción urinaria de aminoácidos en niños con enfermedad celíaca tratados con una dieta sin gluten y enriquecida con inulina y oligofruktosa, concluyeron que estos prebióticos juegan un rol importante en la salud, debido a que se pudo demostrar que hubo mejoría en los niños tratados, donde los cambios más significativos se produjo a nivel de la metabolización de los aminoácidos relacionados con la enfermedad celíaca. Así mismo, la inulina y oligofruktosa al ser metabolizada en el intestino, influye de



manera beneficiosa en el metabolismo general de los aminoácidos relacionados con la enfermedad. Sin embargo, los autores, sugieren que es necesario que se lleven a cabo más estudios como este con el fin de demostrar el impacto de los prebióticos en pacientes con enfermedades celíacas.

De Preter et al. (2013) en su estudio aplicado al análisis del perfil metabólico del impacto de la ingesta de inulina y oligofruktosa (10 g) dos veces día en 67 pacientes con enfermedad de Crohn, demostraron que el consumo y metabolización de los prebióticos afecta positivamente la salud de las personas con esta enfermedad, la cual tiene su origen a nivel microbiano. La producción de metabolitos tales como acetaldehído, butirato, pentanoato, entre otros como el p-cresol y medidos mediante cromatografía de gases, indican que éstos inciden significativamente en la salud de los pacientes, puesto que los niveles de irritación de las células somáticas del intestino disminuyen paulatinamente, contribuyendo con un mejor bienestar del enfermo.

Astó et al. (2019) mediante el estudio realizado para demostrar la eficacia de la inulina y sus derivados en el crecimiento selectivo de probióticos para el tratamiento de la colitis ulcerosa humana, establecieron que estos prebióticos contribuyen al desarrollo exponencial de bacterias benéficas tales como *Bifidobacterium* y *Lactobacillus*, las cuales a su vez, ayudan a metabolizar sustancias orgánicas (butirato, propionato, acetaldehído, acetato) importantes para el tratamiento del colon irritable, puesto que estas sustancias son absorbidas por las células epiteliales y somáticas principalmente, lo cual ayuda a desinflamar la zona afectada por la colitis ulcerosa. Los investigadores concluyeron que la microbiota rica en bifidobacterias es la pieza clave para el tratamiento de esta enfermedad que en la actualidad va en aumento, debido a una alimentación deficiente en fibra prebiótica.

Un estudio realizado por Weaver (2005) sobre los efectos de la inulina como vehículo para mejorar la absorción de iones de calcio y magnesio en ratas y mantener el sistema óseo en mejores condiciones, establece que es muy posible que el prebiótico si contribuye a absorber en óptimas proporciones los bioelementos de calcio y magnesio cuando se ingiere regularmente alimentos ricos en inulina. Los resultados obtenidos sugieren que no todos los estudios experimentales han podido demostrar que una mayor absorción de calcio esté estrechamente relacionada con la ingesta de oligosacáridos no digeribles. Sin embargo, el autor afirma que algunos estudios han informado una mayor densidad o contenido mineral óseo el cual está relacionado con la ingesta progresiva de inulina. Tal es la afirmación de Weaver (2005) el cual indica que la inulina de cadena larga y la oligofruktosa mejoran el contenido de calcio femoral, contribuyendo a una mejor densidad mineral ósea.

En la Tabla 5 se presenta a manera de resumen la incidencia de la inulina y sus derivados sobre la salud.

**Tabla 5**

Incidencia de la inulina y sus derivados en la salud.

<b>Prebiótico</b>	<b>Tratamiento</b>	<b>Referencias</b>
Inulina, oligosacáridos	Obesidad, reducción de ácidos grasos saturados	(Shang et al., 2018)
Inulina	adsorción de iones de Ca, Mg y Fe hasta en un 60%	(Krupa-Kozak et al., 2016) (Van Den Heuvel et al., 1999) (Weaver, 2005)
Inulina	Cáncer de colon y las enfermedades inflamatorias del intestino.	(Bosscher et al., 2006) (Guarner, 2007) (Pool-Zobel et al., 2002) (Segain et al., 2000) (Qamar et al., 2016)
Inulina fructooligosacáridos, oligosacáridos	Crecimiento selectivo de bacterias benéficas.	(Di Bartolomeo et al., 2013) (Reimer et al., 2020) (Z. Zhu et al., 2019)
Inulina	Diabetes mellitus.	(Imran et al., 2012) (Mensink et al., 2015)
Inulina	Medio difusor para la administración de medicamentos. .	(L. Wang et al., 2019) (X. Zhu et al., 2018)
Inulina, oligofruktosa	Colon irritable.	(Akin et al., 2007) (Sartor, 2004) (Weaver, 2005) (Yurrita et al., 2014)
Inulina, oligofruktosa	Incremento de células inmunitarias intestinales y sistémicas.	(Del Fabbro et al., 2020)

Inulina y arabinoxilo-oligosacáridos	Modulación de metabolitos como respuesta inmune en células epiteliales y somáticas.	(Van den Abbeele et al., 2018)
Inulina, oligofructosa	Suplementación en fórmulas para lactantes	(Closa-Monasterolo et al., 2013)
Inulina, oligofructosa	Enfermedad celíaca	(Drabińska et al., 2018)
Inulina, oligofructosa	Enfermedad de Crohn	(De Preter et al., 2013)
Inulina, oligofructosa	Colitis ulcerosa humana	(Astó et al., 2019)

Fuente: adaptación propia.

## 6 CONCLUSIONES

- El uso de inulina es una alternativa para la sustitución de la grasa animal en los productos cárnicos por ser un agente ligante y gelificante que forma emulsiones estables con propiedades funcionales y bajo contenido de ácidos grasos saturados en la composición final del alimento obtenido con el prebiótico, de esta manera, se estaría incidiendo directa e indirectamente en la salud y bienestar del consumidor.
- Diversos estudios realizados en una amplia variedad de productos cárnicos demuestran que la inulina no afecta significativamente las propiedades organolépticas del producto terminado cuando se utiliza la concentración adecuada de prebiótico en la matriz cárnica la cual puede oscilar entre un 1,5% hasta los 7,5%. Sin embargo, si la cantidad de este componente sobrepasa la cantidad óptima (7,5%), habrá afectaciones negativas en las características sensoriales tales como la textura, el color y sabor y en las propiedades reológicas del alimento como la dureza, fracturabilidad y cremosidad.
- Las denominadas fibras prebióticas derivadas a partir de la hidrólisis de la inulina como los oligosacáridos y fructooligosacáridos en combinación con otras fibras solubles, son una alternativa para sustituir parcialmente la grasa animal en las emulsiones cárnicas, esto debido a sus propiedades no hidrofóbicas y a la capacidad de formar geles estables a diferentes temperaturas de cocción, sin alterar las propiedades reológicas, organolépticas y tecnológicas de la emulsión.
- La inulina facilita la obtención de nuevos y mejores productos cárnicos con propiedades funcionales y con bajo perfil calórico lo cual favorece la salud de la microbiota intestinal y además, es útil en el tratamiento de enfermedades colorrectales y de obesidad.

## 7 BIBLIOGRAFÍA

ABETE, Itziar, *et al.* Association between total, processed, red and white meat consumption and all-cause, CVD and IHD mortality: A meta-analysis of cohort studies. En: *British Journal of Nutrition*, 112(5). 2004; p. 762–775. <https://doi.org/10.1017/S000711451400124X>

AKIN, Mutlu; AKIN, Serdar, KIRMACI, Zerdut. Effects of inulin and sugar levels on the viability of yogurt and probiotic bacteria and the physical and sensory characteristics in probiotic ice-cream. En: *Food Chemistry*, 104(1). 2007; p. 93–99. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2006.11.030>

ALAEI, Fereshteh; HOJJATOLESLAMY, Mohammad; HASHEMI Seyyed. The effect of inulin as a fat substitute on the physicochemical and sensory properties of chicken sausages. En: *Food Science and Nutrition*, 6(2). 2018; p. 512–519. <https://doi.org/10.1002/fsn3.585>

ÁLVAREZ, D y BARBUT, S. Effect of inulin,  $\beta$ -Glucan and their mixtures on emulsion stability, color and textural parameters of cooked meat batters. En: *Meat Science*, 94(3). 2013; p. 320–327. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2013.02.011>

ALVIDRÉZ-MORALES, Alicia., GONZÁLEZ-MARTÍNEZ, Blanca; JIMÉNEZ-SALAS, Zacarias. Tendencias en la producción de alimentos: alimentos funcionales. En: *RESPYN Revista Salud Pública y Nutrición*, 3(4). 2002; p. 7. <https://www.medigraphic.com/pdfs/revsalpubnut/spn-2002/spn023g.pdf>

ARAGON-ALEGRO, Lina Casale, *et al.* Potentially probiotic and synbiotic chocolate mousse. En: *LWT - Food Science and Technology*, 2007. 40(4), p. 669–675. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2006.02.020>

ARAUJO, Chimenes Darlan, *et al.* Elaboração de salsichas de frango com redução de gordura e adição de inulina. En: *Brazilian Journal of Food Technology*. 2021. 24, 1–10. <https://doi.org/10.1590/1981-6723.33419>

ASHAOLU, Tolulope Joshua. Immune boosting functional foods and their mechanisms: A critical evaluation of probiotics and prebiotics. En: *Biomedicine and Pharmacotherapy*. 2020. 130, 110625. <https://doi.org/10.1016/j.biopha.2020.110625>

ASTÓ, Erola, *et al.* The efficacy of probiotics, prebiotic inulin-type fructans, and synbiotics in human ulcerative colitis: A systematic review and meta-analysis. En: *Nutrients*. 2019. 11(2). <https://doi.org/10.3390/nu11020293>

BARACCO, Yanina, FURLÁN, Laura, CAMPDERRÓS, Mercedes. Development of fat-reduced sausages: Influence of binary and ternary combinations of carrageenan, inulin, and bovine plasma proteins. En: *Food Science and Technology International*. 2017. 23(3), 245–253. <https://doi.org/10.1177/1082013216684086>

BERIAIN, M. J, *et al.* The effects of olive oil emulsified alginate on the physico-chemical, sensory, microbial, and fatty acid profiles of low-salt, inulin-enriched sausages. En: *Meat Science*, 2011. 88(1); p. 189–197. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2010.12.024>

BIS-SOUZA, Camila, *et al.* (2020). Impact of fructooligosaccharides and probiotic strains on the quality parameters of low-fat Spanish Salchichón. *Meat Science*, 159(July 2019), 107936. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2019.107936>

BOADA, Luis; HENRÍQUEZ-HERNÁNDEZ, L. A; LUZARDO, O. P. The impact of red and processed meat consumption on cancer and other health outcomes: Epidemiological evidences. En: *Food and Chemical Toxicology*. 2016. 92, 236–244. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2016.04.008>

BOSSCHER, D., VAN LOO, J., & FRANCK, A. Inulin and oligofructose as prebiotics in the prevention of intestinal infections and diseases. En: *Nutrition Research Reviews*. 2006. 19(2), 216–226. <https://doi.org/10.1017/S0954422407249686>

BOUVARD, Véronique. Carcinogenicity of consumption of red and processed meat. En: *The Lancet Oncology*. 2015. 1599–1600. [https://doi.org/10.1016/S1470-2045\(15\)00444-1](https://doi.org/10.1016/S1470-2045(15)00444-1)

CÁCERES, E, *et al.* The effect of fructooligosaccharides on the sensory characteristics of cooked sausages. En: *Meat Science*. 2004. 68(1), 87–96. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2004.02.008>

CEGIELKA, Aneta, TAMBOR, Krzysztof. Effect of Inulin on the Physical, Chemical and Sensory Quality Attributes of Polish Chicken Burgers. En: *Journal of Food Research*. 2012. 1(1); p. 169. <https://doi.org/10.5539/jfr.v1n1p169>

CLOSA-MONASTEROLO, R, *et al.* Safety and efficacy of inulin and oligofructose supplementation in infant formula: Results from a randomized clinical trial. En: *Clinical Nutrition*. 2013. 32(6); p. 918–927. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.clnu.2013.02.009>

COFRADES, S, *et al.* A comprehensive approach to formulation of seaweed-enriched meat products: From technological development to assessment of healthy properties. En: *Food Research International*. 2017. 99(July); p. 1084–1094. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2016.06.029>

CORTES, Isnel, *et al.* Perspectivas de la producción de inulina a partir de la Tuna (*Opuntia ficus-indica*). En: *Tecnología Química*, XXXV(2). 2015. p. 193–205. <https://doi.org/10.1590/2224-6185.2015.2.%x>

DE PRETER, V, *et al.* Metabolic profiling of the impact of oligofructose-enriched inulin in Crohn's disease patients: A double-blinded randomized controlled trial. en: *Clinical and Translational Gastroenterology*, 4(June 2012). 2013. p. 1–11. <https://doi.org/10.1038/ctg.2012.24>

DE SOUZA PAGLARINI, Camila, *et al.* Using inulin-based emulsion gels as fat substitute in salt reduced Bologna sausage. En: *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 2021. 101(2); p. 505–517. <https://doi.org/https://doi.org/10.1002/jsfa.10659>

DEL FABBRO, Stefania, *et al.* Microbiota-independent immunological effects of Bimuno®galactooligosaccharide in the context of inflammatory bowel diseases. En: *Proceedings of the Nutrition Society*. 2020. <https://doi.org/10.1017/S0029665120007351>

DI BARTOLOMEO, F; STARTEK, J. B; DEN ENDE, W. Prebiotics to Fight Diseases: Reality or Fiction? En: *Phytotherapy Research*, 2013. 27(10), p. 1457–1473. <https://doi.org/https://doi.org/10.1002/ptr.4901>

DOMÍNGUEZ-VERGARA, Ana Maria; VÁZQUEZ-MORENO, Luz; MONTFORT, Gabriela. Revisión del papel de los oligosacáridos prebióticos en la prevención de infecciones gastrointestinales. En: *Archivos Latinoamericanos de Nutricion*. 2009. 59(4), p. 358–368.

DRABIŃSKA, Natalia, *et al.* Plasma profile and urine excretion of amino acids in children with celiac disease on gluten-free diet after oligofructose-enriched inulin intervention: results of a randomised placebo-controlled pilot study. En: *Amino Acids*. 2018. 50(10), p. 1451–1460. <https://doi.org/10.1007/s00726-018-2622-7>

FAO. Perspectivas alimentarias. Resúmenes de mercado División de Comercio y Mercados. 2019. <http://www.fao.org/3/CA5040ES/CA5040ES.pdf>

FEDERACIÓN COLMBIANA DE GANADEROS. Consumo aparente per cápita anual de carne. Consumo. FEDEGAN, 2020. <https://www.fedegan.org.co/estadisticas/consumo-0>

FERNÁNDEZ-LÓPEZ, Juana., VIUDA-MARTOS; Manuel; PÉREZ-ALVAREZ, José Ángel. Quinoa and chia products as ingredients for healthier processed meat products: technological strategies for their application and effects on the final product. En: *Current Opinion in Food Science*. 2021. 40, p. 26–32. <https://doi.org/10.1016/j.cofs.2020.05.004>

GARCÍA-MENDOZA, Abisaí. Distribution of Agave (Agavaceae) in Mexico. En: *Cactus and Succulent Journal*. 2002. 74(4), p. 177–187. <https://www.researchgate.net/publication/303263665>

GIRI, Saumyakanti; DUTTA, Pallobi; GIRI, Tapan. Kumar. Inulin-based carriers for colon drug targeting. En: *Journal of Drug Delivery Science and Technology*. 2021. 64(February), 102595. <https://doi.org/10.1016/j.jddst.2021.102595>

GUARNER, Francisco. Prebiotics in inflammatory bowel diseases. En: *British Journal of Nutrition*. 2007. 98(SUPPL. 1), p. 85–89. <https://doi.org/10.1017/S0007114507832958>

GUPTA, Nitin, *et al.* Inulin: A novel and stretchy polysaccharide tool for biomedical and nutritional applications. En: *International Journal of Biological Macromolecules*. 2019. 132, p. 852–863. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2019.03.188>

HAYES, J; AUTY, M; ALLEN, P. The effect of inulin as a prebiotic fibre on organoleptic and technological properties of standard and low fat pork breakfast sausages. August. 2011, p.1–5.

HONIKEL, Karl. Otto. The use and control of nitrate and nitrite for the processing of meat products. De: Meat Science, 2008. 78(1–2), p. 68–76. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2007.05.030>

HUANG, S. C; TSAI, Y. F; CHEN, C. M. Effects of wheat fiber, oat fiber, and inulin on sensory and physico-chemical properties of Chinese-style sausages. Asian-Australasian. En: Journal of Animal Sciences. 2011. 24(6), p. 875–880. <https://doi.org/10.5713/ajas.2011.10317>

HYGREEVA, Desugari, PANDEY, M. C. Novel approaches in improving the quality and safety aspects of processed meat products through high pressure processing technology - A review. En: Trends in Food Science and Technology. 2016. 54, p. 175–185. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2016.06.002>

IMRAN, Shahwar, *et al.* Application and use of inulin as a tool for therapeutic drug delivery. En: Biotechnology and Genetic Engineering Reviews. 2012. 28(January), p. 33–46. <https://doi.org/10.5661/bger-28-33>

ROBERFROID, Marcel. Inulin-Type Fructans: Functional Food Ingredients. En: The Journal of Nutrition. 2007. p. 2493–2502.

KAUR, Narinder, GUPTA, Anil. K. Applications of inulin and oligofructose in health and nutrition. En: Journal of Biosciences. 2002. 27(7), 703–714. <https://doi.org/10.1007/BF02708379>

KEENAN, D, *et al.* 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. En: Meat Science. 2014. 96(3), p. 1384–1394. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2013.11.025>

KEENAN, Derek, *et al.* Investigating the influence of inulin as a fat substitute in comminuted products using rheology, calorimetric and microscopy techniques. En: Food Structure. 2014. 2(1), p. 1–13. <https://doi.org/10.1016/j.foostr.2014.06.001>

KELLY, Greg. Inulin-type prebiotics: A review (Part 2). Alternative Medicine Review. 2009. 14(1), p. 36–55.

KOLIDA, Sofia, GIBSON, Glenn. Prebiotic capacity of inulin-type fructans. En: Journal of Nutrition. 2007. 137(11), 2503–2506. <https://doi.org/10.1093/jn/137.11.2503s>

KRUPA-KOZAK, Ursula, *et al.* Inulin and fructooligosaccharide affect: In vitro calcium uptake and absorption from calcium-enriched gluten-free bread. En: Food and Function. 2016. 7(4), 1950–1958. <https://doi.org/10.1039/c6fo00140h>



LARA, Marco, PEREZ; Amaury; CORTES, Isnel. Avances en la producción de inulina. En: *Tecnología Química*. 2017. 37(2), p. 220–238. <https://doi.org/10.1590/2224-6185.2017.2>.

LI, Xianhui, *et al.* Nanofiltration for separation and purification of saccharides from biomass. En: *Frontiers of Chemical Science and Engineering*. 2021. <https://doi.org/10.1007/s11705-020-2020-z>

LIU, Jun, *et al.* Antioxidant and protective effect of inulin and catechin grafted inulin against CCl<sub>4</sub>-induced liver injury. En: *International Journal of Biological Macromolecules*. 2015. 72, p. 1479–1484. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2014.09.066>

MADRIGAL, Lorena, SANGRONIS, Elba. La inulina y derivados como ingredientes claves en alimentos funcionales. En: *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*. 2007. 57(4), p. 387–396.

MENEGAS, Léia, *et al.* Dry-fermented chicken sausage produced with inulin and corn oil: Physicochemical, microbiological, and textural characteristics and acceptability during storage. En: *Meat Science*. 2013. 93(3), p. 501–506. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2012.11.003>

MENEGAS, Léia, *et al.* Effect of adding inulin as a partial substitute for corn oil on the physicochemical and microbiological characteristics during processing of dry-fermented chicken sausage. En: *Journal of Food Processing and Preservation*. 2017. 41(5), e13166. <https://doi.org/https://doi.org/10.1111/jfpp.13166>

MENSINK, Maarten, *et al.* Inulin, a flexible oligosaccharide I: Review of its physicochemical characteristics. En: *Carbohydrate Polymers*. 2015. 130, p. 405–419. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2015.05.026>

MEYER, D, *et al.* Inulin as texture modifier in dairy products. En: *Food Hydrocolloids*. 2011. 25(8), p. 1881–1890. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2011.04.012>

MICHA, Renata, MICHAS, Georgios, MOZAFFARIAN, Dariush. Unprocessed red and processed meats and risk of coronary artery disease and type 2 diabetes - An updated review of the evidence. En: *Current Atherosclerosis Reports*. 2012. 14(6), 515–524. <https://doi.org/10.1007/s11883-012-0282-8>

MOSHFEGH, Alanna, *et al.* Presence of inulin and oligofructose in the diets of Americans. En: *Journal of Nutrition*. 1999a. 129 (7 SUPPL.). <https://doi.org/10.1093/jn/129.7.1407s>

MOSHFEGH, Alanna, *et al.* Presence of inulin and oligofructose in the diets of Americans. En: *Journal of Nutrition*. 1999b. 129 (7 SUPPL.), p. 1407–1411. <https://doi.org/10.1093/jn/129.7.1407s>

NIKMARAM, Nooshin, *et al.* Application of plant extracts to improve the shelf-life, nutritional and health-related properties of ready-to-eat meat products. En: *Meat Science*. 2018. 145 (March), p. 245–255. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2018.06.031>

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. Industrias Alimentarias. Productos Cárnicos Procesados No Enlatados, NTC 1325. ICONTEC. 2008. <http://www.analisisambiental.com.co/wp-content/uploads/2014/02/NTC-1325.pdf>

Olmedilla-Alonso, B., & Jiménez-Colmenero, F. (2014). Alimentos cárnicos funcionales; desarrollo y evaluación de sus propiedades saludables. *Nutricion Hospitalaria*, 29(6), 1197–1209. <https://doi.org/10.3305/nh.2014.29.6.7389>

PAGLARINI, Camila De Sousa, *et al.* Functional emulsion gels with potential application in meat products. En: *Journal of Food Engineering*. 2018. 222, p. 29–37. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2017.10.026>

PAN, An, *et al.* Red meat consumption and mortality: Results from 2 prospective cohort studies. En: *Archives of Internal Medicine*. 2012. 172(7), p. 555–563. <https://doi.org/10.1001/archinternmed.2011.2287>

PEÑA, Maria Alicia; PEÑA, Silvia; GUERRA, Maria Aloyda. Inulina: Una Alternativa Para El Desarrollo De Productos Cárnicos Funcionales. *ACI Avances En Ciencias e Ingenierías*. 2020. 11(3), p. 102–121. <https://doi.org/10.18272/aci.v11i3.1540>

POOL-ZOBEL, B, *et al.* Experimental evidences on the potential of prebiotic fructans to reduce the risk of colon cancer. En: *British Journal of Nutrition*. 2002. 87(S2), S273–S281. <https://doi.org/10.1079/bjn/2002548>

QAMAR, Tahir Rasool, *et al.* Novel combination of prebiotics galacto-oligosaccharides and inulin-inhibited aberrant crypt foci formation and biomarkers of colon cancer in Wistar rats. En: *Nutrients*. 2016. 8(8), p. 1–14. <https://doi.org/10.3390/nu8080465>

REIMER, Raylene, *et al.* Effect of chicory inulin-type fructan-containing snack bars on the human gut microbiota in low dietary fiber consumers in a randomized crossover trial. en: *American Journal of Clinical Nutrition*. 2020. 111(6), p. 1286–1296. <https://doi.org/10.1093/ajcn/nqaa074>

RICCA, Emanuele, *et al.* The state of the art in the production of fructose from inulin enzymatic hydrolysis. En: *Critical Reviews in Biotechnology*. 2007. 27(3), p. 129–145. <https://doi.org/10.1080/07388550701503477>

RODRIGUEZ FURLÁN, Laura; PADILLA, Antonio; CAMPDERRÓS, Mercedes. Development of reduced fat minced meats using inulin and bovine plasma proteins as fat replacers. En: *Meat Science*. 2014. 96(2), 762–768. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2013.09.015>

ROMANO, Nelson, *et al.* Effect of sucrose concentration on the composition of enzymatically synthesized short-chain fructo-oligosaccharides as determined by FTIR

and multivariate analysis. En: Food Chemistry. 2016. 202, p. 467–475. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.02.002>

SARTOR, Balfour. Therapeutic manipulation of the enteric microflora in inflammatory bowel diseases: Antibiotics, probiotics, and prebiotics. En: Gastroenterology. 2004. 126(6), p. 1620–1633. <https://doi.org/10.1053/j.gastro.2004.03.024>

SCHMIDT HEBBEL, H. CARNE Y PRODUCTOS CARNICOS SU TECNOLOGIA Y ANALISIS Fhdadün. En: Revista Científica De Veterinario Veterinario. 1984. P. 1, 111. <http://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/121407/schmidh05.pdf>

SEGAIN, J. P, et al. Butyrate inhibits inflammatory responses through NFκB inhibition: Implications for Crohn's disease. En: Gut. 2000. 47(3), p. 397–403. <https://doi.org/10.1136/gut.47.3.397>

SEIFERT, Stephanie, WATZ, Bernhard. Inulin and oligofructose: Review of experimental data on immune modulation. En: Journal of Nutrition. 2007. 137(11), p. 2563–2567. <https://doi.org/10.1093/jn/137.11.2563s>

SERDAROĞLU, Meltem, *et al.* Effects of beef fat replacement with gelled emulsion prepared with olive oil on quality parameters of chicken patties. En: Korean Journal for Food Science of Animal Resources. 2017. 37(3), p. 376–384. <https://doi.org/10.5851/kosfa.2017.37.3.376>

SHANG, Hong-Mei, *et al.* In vitro and in vivo antioxidant activities of inulin. En: PLoS ONE. 2018. 13(2), p. 1–12. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0192273>

SHOAIB, Muhammad, *et al.* Inulin: Properties, health benefits and food applications. En: Carbohydrate Polymers. 2016. 147, p. 444–454. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2016.04.020>

SILVA-VAZQUEZ, Ramon, *et al.* Effect of inulin and pectin on physicochemical characteristics and emulsion stability of meat batters. En: CYTA - Journal of Food. 2018. 16(1), p. 306–310. <https://doi.org/10.1080/19476337.2017.1403490>

SILVA, Rosicleide, *et al.* Addition of essential oils and inulin for production of reduced salt and fat ham. En: Australian Journal of Crop Science. 2019. 13(6), p. 1031–1036. <https://doi.org/10.21475/ajcs.19.13.06.p943>

SINGH, R. S; SINGH, Taranjeet; LARROCHE, Christian. Biotechnological applications of inulin-rich feedstocks. En: Bioresource Technology. 2018. p. 641–653. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2018.11.031>

ŠOJIC, Branislav, *et al.* The influence of inulin addition on the physico-chemical and sensory characteristics of reduced-fat cooked sausages. En: Acta Periodica Technologica. 2011. 42, p. 157–164. <https://doi.org/10.2298/APT1142157S>

SOUZA, Camila, *et al.* Low-fat brazilian cooked sausage-paio – With added oat fiber and inulin as a fat substitute: Effect on the technological properties and sensory acceptance. En: Food Science and Technology. 2019. 39(June), p. 295–303. <https://doi.org/10.1590/fst.03618>

TONELI, J, *et al.* Spray-drying process optimization of chicory root inulin. En: Drying Technology. 2010. 28(3), 369–379. <https://doi.org/10.1080/07373931003645017>

TOTOSAUS, Alfonso. Productos cárnicos emulsionados bajos en grasa y sodio. En: Nacameh. 2007. 1(1), 53–66. <http://cbs.izt.uam.mx/nacameh/v1n1/v1n1p053.html>

TRIPODO, Giuseppe, MANDRACCHIA, Delia. Inulin as a multifaceted (active) substance and its chemical functionalization: From plant extraction to applications in pharmacy, cosmetics and food. En: European Journal of Pharmaceutics and Biopharmaceutics. 2019. 141(January), p. 21–36. <https://doi.org/10.1016/j.ejpb.2019.05.011>

VAN DEN ABBEELE, Pieter *et al.* Arabinoxylol-Oligosaccharides and Inulin Impact Inter-Individual Variation on Microbial Metabolism and Composition, Which Immunomodulates Human Cells. En: Journal of Agricultural and Food Chemistry. 2018. 66(5), p. 1121–1130. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.7b04611>

VAN DEN HEUVEL, Ellen, *et al.* Oligofructose stimulates calcium absorption in adolescents. En: American Journal of Clinical Nutrition. 1999. 69(3), p. 544–548. <https://doi.org/10.1093/ajcn/69.3.544>

VANDENDRIESSCHE, Frank. Meat products in the past, today and in the future. En: Meat Science. 2008. 78(1–2), p. 104–113. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2007.10.003>

VASILEV, Dragan *et al.* Inulin As a Prebiotic and Fat Replacer in Meat Products. En: Theory and Practice of Meat Processing. 2017. 2(2), p. 4–13. <https://doi.org/10.21323/2414-438x-2017-2-2-4-13>

VÁSQUEZ VILLALOBOS, Claudia; SOTO SIMENTAL, Sergio; VILLALOBOS DELGADO, Luz. H. Efecto de la Fibra Dietética sobre la Textura de Salchichas Tipo Viena. En: NACAMEH Vol. 4, No. 2, pp. 37-43, 2010. <http://cbs.izt.uam.mx/nacameh/>

VILLEGAS PASCUAL, Beatriz. Efecto de la adición de Inulina en las características físicas y sensoriales de batidos lácteos. 2008. 226. [http://digital.csic.es/bitstream/10261/6215/1/BVillegas\\_Tesis.pdf](http://digital.csic.es/bitstream/10261/6215/1/BVillegas_Tesis.pdf)

WANG, Lixin *et al.* Doxorubicin-loaded delta inulin conjugates for controlled and targeted drug delivery: Development, characterization, and in vitro evaluation. En: Pharmaceutics. 2019. 11(11). <https://doi.org/10.3390/pharmaceutics11110581>

WANG, Xia, *et al.* Red and processed meat consumption and mortality: Dose-response meta-analysis of prospective cohort studies. En: Public Health Nutrition. 2016. 19(5), p. 893–905. <https://doi.org/10.1017/S1368980015002062>

WANG, Yingxiong, *et al.* In situ NMR spectroscopy: Inulin biomass conversion in ZnCl<sub>2</sub> molten salt hydrate medium - SnCl<sub>4</sub> addition controls product distribution. En: Carbohydrate Polymers. 2015. 115, p. 439–443. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2014.09.011>

WEAVER, Connie. M. Inulin, oligofructose and bone health: experimental approaches and mechanisms. En: British Journal of Nutrition. 2005. 93(S1), p. S99–S103. <https://doi.org/10.1079/bjn20041358>

XU, Youqiang, *et al.* Dynamic balancing of intestinal short-chain fatty acids: The crucial role of bacterial metabolism. En: Trends in Food Science and Technology. 2020. 100(11), p.118–130. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2020.02.026>

YURRITA, Luis, *et al.* Eficacia de la ingesta de inulina sobre los indicadores del estreñimiento crónico; un meta-análisis de ensayos clínicos aleatorizados controlados. En: Nutricion Hospitalaria. 2014. 30(2), p. 244–252. <https://doi.org/10.3305/nh.2014.30.2.7565>

ZHANG, Yumei, *et al.* Effects of inulin on the gel properties and molecular structure of porcine myosin: A underlying mechanisms study. En: Food Hydrocolloids. 2020. 108(April), 105974. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2020.105974>

ZHU, Xiaozhen, *et al.* Synthesis, Characterization of Inulin Propionate Ester, and Evaluation of its in Vitro Effect on SCFA Production. En: Starch/Staerke. 2018. 70(9–10), p. 1–10. <https://doi.org/10.1002/star.201800037>

ZHU, Z, *et al.* Modulation of lipid metabolism and colonic microbial diversity of high-fat-diet C57BL/6 mice by inulin with different chain lengths. En: Food Research International. 2019. 123, p. 355–363. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2019.05.003>

