



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

FACULTAD DE CIENCIA E INGENIERÍA EN ALIMENTOS Y

BIOTECNOLOGÍA

CARRERA DE INGENIERÍA EN ALIMENTOS

**Propiedades funcionales de la Inulina y sus derivados como ingredientes en
formulaciones de productos alimenticios.**

Trabajo de Titulación, Modalidad Proyecto de Investigación, previo a la obtención de título de Ingeniero en Alimentos, otorgado por la Universidad Técnica de Ambato, a través de la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos y Biotecnología.

Autor: Roger Saúl Laguna Caguana

Tutor: Dr. Irvin Ricardo Tubón Usca.

Ambato - Ecuador

Septiembre - 2022

APROBACIÓN DEL TUTOR

Dr. Irvin Ricardo Tubón Usca

Certifica:

Que el presente trabajo de titulación ha sido prolijamente revisado. Por lo tanto, autorizo la presentación de este Trabajo de titulación, modalidad Proyecto de Investigación, el mismo que responde a las normas establecidas en el Reglamento de Títulos y Grados de la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos y Biotecnología.

Ambato, 27 de enero de 2022.

.....
C.I: 0604250357

Dr. Irvin Ricardo Tubón Usca.

TUTOR

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Yo, Roger Saúl Laguna Caguana, manifiesto que los resultados obtenidos en el presente trabajo de Titulación, Modalidad Proyecto de Investigación, previo a la obtención del título de Ingeniero en Alimentos, son absolutamente originales, auténticos y personales; a excepción de las citas bibliográficas.



C.I:180472242-7

Roger Saúl Laguna Caguana

AUTOR

APROBACIÓN DE LOS MIEMBROS DE TRIBUNAL DE GRADO

Los suscritos Profesores Calificadores, aprueban el presente Trabajo de Titulación, modalidad Proyecto de Investigación, el mismo que ha sido elaborado de conformidad con las disposiciones emitidas por la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos y Biotecnología de la Universidad Técnica de Ambato.

Para constancia firman:

.....
Presidente del tribunal

Dr. Orestes Darío López Hernández
CI:175478486-4

.....

Dra. Liliana Alexandra Cerda Mejía
CI: 180414808-6

.....

Dr. Rubén Darío Vilcacundo Chamorro
CI: 180273810-2

Ambato, 12 de julio de 2022.

DERECHOS DE AUTOR

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que haga de este trabajo de titulación o parte de él, un documento disponible para su lectura, consulta y procesos de investigación según las normas de la Institución.

Cedo los Derechos en línea patrimoniales del trabajo de titulación, con fines de difusión pública, además apruebo la reproducción de este, dentro de las regulaciones de la universidad, siempre y cuando esta reproducción no suponga una ganancia económica y se realice respetando mis derechos de autor.



Roger Saúl Laguna Caguana

C.I: 1804722427

AUTOR

AGRADECIMIENTOS

El presente trabajo lo dedico principalmente a Dios, por ser el inspirador y el que me ha brindado fuerzas para continuar en las diferentes etapas de mi vida hasta obtener uno de los anhelos más deseados.

A mis padres, Raúl Laguna y Rosa Caguana por su amor, trabajo y sacrificio en todos estos años, gracias a ustedes he logrado llegar hasta aquí y convertirme en un hombre de bien. A mi pequeña hermana que ha estado presente y acompañándome en este lapso de vida y demostrándome que hay alguien que desea seguir mis pasos.

A todos mis amigos y familiares que me han brindado sus consejos y experiencias y han hecho que mi trabajo como estudiante se realice con éxito.

A la querida Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos y Bioquímica por abrirme las puertas para así seguir en mi educación. No olvidar así a todos mis maestros que impartieron todo el conocimiento y experiencias vividas para ser uno de los profesionales que forman esta noble facultad.

Finalmente quiero expresar mi más grande y sincero agradecimiento al Dr. Irvin Tubon, principal colaborador durante todo este proceso, quien con su dirección, conocimiento y enseñanza permitió el desarrollo de este trabajo.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

APROBACIÓN DEL TUTOR.....	ii
DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD.....	iii
APROBACIÓN DE LOS MIEMBROS DE TRIBUNAL DE GRADO	iv
DERECHOS DE AUTOR.....	v
AGRADECIMIENTOS	vi
ÍNDICE DE CONTENIDOS	vii
ÍNDICE DE TABLAS	ix
ÍNDICE DE FIGURAS.....	ix
RESUMEN.....	x
ABSTRACT	xi
CAPÍTULO I.....	1
ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS.....	1
1.1 TEMA DE INVESTIGACIÓN.....	1
1.2 JUSTIFICACIÓN	1
1.3 OBJETIVOS	4
1.3.1 OBJETIVO GENERAL	4
1.3.2 OBJETIVO ESPECÍFICOS	4
CAPÍTULO II	5
METODOLOGÍA	5
2.1 Análisis bibliográfico – bases teóricas.....	5
2.2 Análisis documental – Investigaciones científicas.....	6
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	7
3.1 Análisis bibliográfico – bases teóricas.....	7
3.1.1 Alimentos funcionales.....	7
Prebióticos.....	7
3.1.2 Inulina.....	8
Descripción	8
Fuentes de obtención.....	8
Estructura química	9
Derivados de la inulina.....	10

Propiedades nutricionales.....	11
Métodos de extracción	11
Caracterización de la inulina.....	12
3.2 Análisis documental – Investigaciones científicas.....	13
3.2.1 Propiedades funcionales de la inulina y sus derivados.....	13
Refuerzo del sistema inmunológico	13
Regulación del tránsito intestinal	14
Reducción del riesgo de cáncer de colon	15
Mejoramiento del metabolismo lipídico	15
Aumento de la absorción de calcio y de magnesio	16
Control de azúcar en sangre	17
Control de peso y apetito.....	17
3.2.2 Empleo de inulina y sus derivados en diferentes matrices alimenticias.....	17
Productos lácteos.....	18
Productos cárnicos	19
Industria farmacéutica.....	20
Postres congelados	20
3.2.3 Desarrollo de alimentos con base a la inulina y sus derivados.....	21
3.2.4 Proyección y desarrollo de obtención de alimentos con inulina y sus derivados en el Ecuador.	21
3.2.5 Beneficios y desventajas del empleo la inulina y sus derivados	23
Beneficios.....	23
Efectos adversos.....	24
CAPÍTULO IV	25
CONCLUSIONES	25
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	26

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Contenido de inulina en algunas especies vegetales.....	8
Tabla 2. Comparación entre diferentes fructanos	10
Tabla 3. Características y propiedades físico químicas de la inulina.....	12
Tabla 4. Funcionalidad y cantidades recomendadas de inulina	18

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Estructura química de la sacarosa, inulina y oligofructosa.....	9
Figura 2. Diagrama de obtención de inulina de los tubérculos	12

RESUMEN

El presente Proyecto de Investigación tuvo como objetivo la revisión documental de las propiedades funcionales de la inulina y sus derivados como ingredientes en formulaciones de productos alimenticios. Se realizó una revisión de las propiedades funcionales y nutricionales, se determinó el crecimiento y desarrollo de alimentos con base a la inulina y su producción a nivel local, además de analizó los beneficios y desventajas, así con sus derivados como ingredientes en formulaciones de productos alimenticios.

Tras el análisis documental se determinó que las propiedades funcionales de la inulina y sus derivados principalmente destacan la estimulación del crecimiento de bifidobacterias, regulación del tránsito intestinal, mayor absorción de metales como el magnesio y calcio y regulación del colesterol y triglicéridos. Además se identifica que la inulina y sus derivados poseen funcionalidades tecnológicas como el aporte de cuerpo y palatabilidad, sustituto de azúcares, grasas y aporte de textura, es por eso que estos compuestos han empezado a ser utilizados ampliamente en el desarrollo de formulaciones de alimentos, como se muestra a lo largo de la investigación presentada.

Palabras claves: Investigación bibliográfica, inulina, prebióticos, fuente energética, polisacárido.

ABSTRACT

The objective of this Research Project was the documentary review of the functional properties of inulin and its derivatives as ingredients in food product formulations. A review of the functional and nutritional properties was carried out, the growth and development of foods based on inulin and its production at the local level were determined, in addition to analyzing the benefits and disadvantages, as well as its derivatives as ingredients in food product formulations.

After the documentary analysis, it was determined that the functional properties of inulin and its derivatives mainly highlight the stimulation of the growth of bifid bacteria, regulation of intestinal transit, greater absorption of metals such as magnesium and calcium, and regulation of cholesterol and triglycerides. In addition, it is identified that inulin and its derivatives have technological functionalities such as the contribution of body and palatability, substitute for sugars, fats and texture contribution that is why these compounds have begun to be widely used in the development of food formulations, as shown throughout the research presented.

Keywords: Bibliographic research, inulin, prebiotics, energy source, polysaccharide.

CAPÍTULO I

ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS

1.1 TEMA DE INVESTIGACIÓN

Propiedades funcionales de la inulina y sus derivados como ingredientes en formulaciones de productos alimenticios.

1.2 JUSTIFICACIÓN

En los últimos años las tendencias mundiales por el consumo de alimentos que además del valor nutritivo, aporten beneficios a las funciones fisiológicas del organismo humano, ha crecido significativamente. Un estudio publicado en la revista *The food tech*, **Schmidt (2021)**, menciona que en una encuesta de FMCG Gurus (Fast Moving Consumer Goods), se determinó que a partir de la pandemia generada por el SARS-CoV-2/COVID-19 el 83% de la población optarían por comer más saludablemente, lo cual indica que los consumidores están cada vez más conscientes del vínculo que existe entre la nutrición saludable y una buena salud a largo plazo.

Los alimentos que involucra a más de las funciones nutricionales básicas, efectos benéficos sobre la salud, son los alimentos funcionales, tal como menciona **Luengo, E. (2007)**, el cual indica también que estos alimentos, deben ser semejantes en apariencia física al alimento tradicional, es decir que pueden ser incluidos como parte de la dieta diaria, y a su vez puedan demostrar la producción de efectos metabólicos o fisiológicos beneficiosos y útiles en el mantenimiento de una buena estabilidad en la salud física y mental.

Entre los alimentos funcionales comúnmente conocidos se encuentran los prebióticos, según **Ramírez, Pérez y Portando (2006)**, los prebióticos son un tipo de ingredientes no digeribles de la dieta, mismo que tienen efectos beneficiosos sobre la salud al estimular selectivamente el crecimiento y/o actividad de uno o más tipos de bacterias en la zona del colon, consiguiendo así elevar el potencial de salud del huésped, estos prebióticos se conocen principalmente como fructo y galacto oligosacáridos. Entre los oligosacáridos se encuentra la inulina, elemento que es de interés en este estudio.

Badui, (2013), menciona que la inulina es la fructosana más difundida, la cual se encuentra presente en varias fuentes, como la alcachofa y la achicoria, de donde se obtiene comercialmente, ya que llegan a tener hasta un 20% de inulina, aunque también está presente en trigo, ajo, cebolla, plátano, espárrago. Estos ingredientes, además de tener las propiedades clásicas de las fibras alimentarias para regular el tránsito intestinal, contribuyen a la mejor absorción de calcio, a la estimulación de las defensas naturales de la flora intestinal y a reducir el colesterol y los niveles de azúcares en sangre (**Ramírez, 2015**).

La inulina una vez ingerida, no es absorbida por el intestino delgado, ya que los enlaces de tipo Beta 1-2, entre las unidades de la fructosa, no son atacados por los procesos enzimáticos normales y llega de esta forma inalterada al intestino grueso. Es solo a éste nivel que se obtiene la hidrólisis de las cadenas en unidades manométricas de fructosa y su utilización por parte de la flora bacteriana intestinal, confiriéndose de ese modo el efecto de alimento funcional. **Guerrero, J. (2010)**

Diversos estudios indican que hay un crecimiento de consumo en la población y en la producción de alimentos a base de inulina y sus derivados, por ejemplo, según **Castellanos, et al. (2016)**, entre las múltiples aplicaciones que ofrece la inulina se encuentra el aporte a varias funciones metabólicas del organismo humano y se utiliza como ingrediente base en el desarrollo de productos tales como productos lácteos y postres congelados, este principalmente aporta cuerpo y a la palatabilidad. Así mismo se conoce que la inulina tiene la capacidad de formar geles y por ende actúa como emulsificante, aparte de presenta sinergismo con edulcorantes, aporta textura, permite la depresión del punto de congelación, es útil como sustituto de azúcares y grasas, entre otros.

En un estudio realizado por **Rodríguez y Ruiz (2014)** determinaron que la inulina imparte mayor cremosidad en yogures elaborados con leche descremada y mejora su aceptabilidad organoléptica. Por otro lado **Lara et al., (2017)** indican que la inulina es usada como sustituto de grasas en derivados lácteos, untables, salsa, aderezos entre otros productos de alta viscosidad gracias a la capacidad que tiene la inulina de formar geles. Por otra parte, **Rodríguez (2016)**, menciona que en una preparación de tortas sin gluten mediante la adición de un 20% de inulina en harina de arroz, dio como

resultado un mayor contenido de fibra dietética, una reducción del contenido de grasas y una mayor incorporación de aire durante la mezcla. Aplicaciones favorables gracias a que el compuesto inulina según **Garda (2020)**, tiene propiedades similares a las del almidón, en su capacidad de formar geles.

Por otro lado en un estudio realizado por **Madrigal y Sangronis (2007)**, se ha identificado que al adicionar inulina como un sustituto de la grasa vegetal en la elaboración de pan, esta no modifica las características reológicas de las masas antes de hornear y no influye en la calidad del producto terminado, es decir no se ve afectada la calidad del producto en general. Así mismo, **Castellanos et al., (2016)** en un estudio sobre el empleo de inulina en matrices alimenticias ha mejorado en sabor, color y textura en formulaciones a base de cereales extruidos, barras energéticas y de chocolate.

Bajo el análisis de los mencionados estudios se conoce que la inulina tiene un amplio uso a nivel tecnológico, más sin embargo en la presente investigación se presenta una revisión de la descripción completa de la inulina y sus derivados, incluyendo estructura química, propiedades físico-químicas, fuentes naturales, funcionalidad nutricional y tecnológica, fabricación industrial, con un análisis descriptivo de las fuentes bibliográficas que detallan los usos de este componente como ingredientes en diferentes productos alimenticios.

La investigación se centra en la recolección documental en el cual se establezca las características de la inulina según la revisión de diferentes publicaciones que ayuden al desarrollo del estado del arte y detallar los diferentes resultados obtenidos con la aplicación del método analítico. Esta revisión es de utilidad para mostrar los amplios usos de estos compuestos en la industria alimentaria y por qué pueden considerarse ingredientes clave en el creciente mercado de alimentos funcionales.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 OBJETIVO GENERAL

Realizar una revisión del estado del arte de las propiedades funcionales de la inulina y sus derivados como ingredientes en formulaciones de productos alimenticios.

1.3.2 OBJETIVO ESPECÍFICOS

- Clasificar las propiedades funcionales y nutricionales de la inulina y sus derivados según productos alimenticios.
- Determinar el crecimiento y desarrollo de la producción de alimentos con base a la inulina y sus derivados como ingredientes en sus formulaciones.
- Determinar las proyecciones de desarrollo y consumo de alimentos funcionales con contenido de inulina y sus derivados en el territorio Ecuatoriano.
- Analizar los beneficios y desventajas de la inulina y sus derivados como ingredientes en formulaciones de productos alimenticios.

CAPÍTULO II

METODOLOGÍA

2.1 Análisis bibliográfico – bases teóricas

La metodología que se empleó para alcanzar los objetivos establecidos fue la realización de una investigación de tipo bibliográfica contrastando la teoría detallada en libros con diferentes investigaciones o revisiones, realizadas sobre las propiedades funcionales de la inulina y sus derivados, y como estos son incluidos como ingredientes en formulaciones de productos alimenticios.

La investigación documental o bibliográfica tiene la particularidad de utilizar como una fuente primaria de insumos, más no la única y exclusiva, el documento escrito en sus diferentes formas: documentos impresos, electrónicos y audiovisuales. Para esto las fuentes impresas, incluyen: enciclopedias, libros, diccionarios revistas, periódicos, monografías, tesis y otros documentos; las electrónicas: base de datos, correos electrónicos, revistas y periódicos en línea y páginas Web. (**Morales, 2003**)

Como en todo proceso de investigación, la búsqueda de fuentes bibliográficas y documentales está estrechamente asociada a los objetivos de la investigación. Y para cumplir con cada uno de los objetivos planteados se utilizó distintas herramientas de búsqueda y recursos de información tales como:

- **Libros electrónicos.** Inicialmente se hizo uso de estas herramientas para facilitar la contextualización de la revisión con respecto a la teoría, la información recabada permitió establecer líneas claras en relación a la revisión propuesta.

La información precisa que se indagó fue las propiedades funcionales y nutricionales de la inulina y sus derivados, su clasificación, fuentes de obtención, estructuras químicas.

2.2 Análisis documental – Investigaciones científicas

- **Base de datos de investigación científica.** Las herramientas que principalmente se usaron fueron las bases de datos de investigación científica: ScienceDirect, Web of Science, AGRIS, SciELO y Scopus, mismas que se tuvo acceso fácilmente a través de la biblioteca digital de la Universidad Técnica de Ambato, u otras plataformas online como google académico.

La información que se recabó a través de estas herramientas principalmente fueron publicaciones científicas acerca del crecimiento y desarrollo de la producción de alimentos con base a la inulina y sus derivados, como ingredientes en formulaciones en productos alimenticios, información que fue contrastada con las teorías detalladas en libros.

- **Trabajos de fin de estudios.** Finalmente se analizó el efecto del empleo de la inulina y sus derivados en las propiedades funciones de los productos alimenticios, reportados Tesis de grado, Revisiones bibliográficas, investigaciones y proyectos, realizados en el territorio Ecuatoriano, lo cual permite determinar la proyección de desarrollo y consumo de los mencionados alimentos con propiedades funcionales en la localidad.

Por último se comparó los beneficios y desventajas halladas en las publicaciones científicas al emplearse la inulina y sus derivados como ingredientes en formulaciones de productos alimenticios.

La información recabada en esta revisión fue citada y referenciada bibliográficamente de acuerdo al estilo APA sexta edición.

CAPÍTULO III

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Análisis bibliográfico – bases teóricas

3.1.1 Alimentos funcionales

Ramírez (2017), manifiesta que un alimento puede ser considerado funcional cuando esta significativamente comprobado que beneficia a una o varias funciones del organismo, aparte de sus efectos nutricionales propios, de tal forma que mejora al estado de bienestar y salud y disminuye el riesgo de enfermedad.

Adicionalmente, según **Calvo et al. (2012)**; a un alimento funcional se puede añadir un componente o se le elimina; un alimento al que se le modificó sus componentes o se mejora su biodisponibilidad.

En síntesis las características específicas de un alimento funcional según lo indicado por **Ramírez (2015)** son:

- Estar compuesto de ingredientes naturales y no sintéticos, a concentraciones no encontradas en la naturaleza o presentes en los alimentos que normalmente no los contienen.
- Ser un alimento convencional apto para consumo cotidiano.
- Eficiencia conocida del componente funcional.
- Generación de sustitución de principios inmediatos (ejemplo: grasas por hidratos de carbono).

Prebióticos

Entre los alimentos con propiedades funcionales se encuentran los prebióticos, **Hernández (2010)**, describe a los prebióticos como ingredientes no digeribles de los alimentos, siendo estos generalmente carbohidratos de cadena corta, que pueden ser fermentados en el transcurso de la cadena gastrointestinal y estimular el crecimiento de bifidobacterias u otras bacterias beneficiosas.

Por ello, un requisito clave para que un ingrediente pueda ser clasificado como prebiótico es que no sea hidrolizado en la parte alta del tracto gastrointestinal (esófago, estómago y duodeno) aparte de ser resistente a la hidrólisis por enzimas digestivas y a la acidez gástrica, y no sea absorbible en el intestino delgado; de forma que una

cantidad significativa llegue intacta al colon **Corzo, et al. (2015)**. Entre los prebióticos más utilizados se puede citar los fructooligosacaridos, la inulina y la lactulosa.

3.1.2 Inulina

Descripción

La inulina es un polisacárido que no puede ser digerible por enzimas del tracto gastrointestinal humano pero sí es fermentable por bacterias colónicas (**Lara, 2011**). La inulina es considerada de comportamiento prebiótico, debido a su capacidad selectiva de estimular el crecimiento de bifidobacterias y lactobacilos, mismas que regulan el crecimiento de otras especies que pueden ser perjudiciales (**Madrigal y Sangronis, 2007**).

Fuentes de obtención

Lara et al (2017) menciona que se han identificado un sin número de especies vegetales que poseen cierto porcentaje de inulina, entre las más reconocidas están el grupo *Liliaceae* (cebolla, ajo, espárrago y ajo porro) y el grupo *Compositae* (achicoria, dalia, pataca o tupinambo y yacon). Las especies con un alto porcentaje de inulina la almacenan en la zona subterránea de la planta. Se investigado otras especies (por ejemplo, la familia *Gramineae*) presentan altos porcentajes de concentraciones de fructanos en sus partes aéreas, pero presentan un disminución en el rendimiento al momento de la extracción a nivel industrial.

En la Tabla 1 se muestra el porcentaje aproximado de inulina en algunas especies (referido a producto fresco).

Tabla 1. *Contenido de inulina en algunas especies vegetales.*

Especie	Inulina (%)	Especie	Inulina (%)
Achicoria (<i>Cichoriumintybus</i>)	10-15	Puerro (<i>Alliumporrum</i>)	3-10
Alcachofa (<i>Cynara scolymus</i>)	3-10	Ñame o yam (<i>Dioscorea spp</i>)	19-21
Dahlia (<i>Dahlia spp</i>)	9-12,5	Ajo común (<i>Alliumsativum</i>)	9-16
Espárrago (<i>Asparagusofficinalis</i>)	2-3	Agave (<i>Agave spp</i>)	16-25

Fuente: Lara et al. (2017)

Estructura química

La estructura química de la inulina se ha definido como un hidrato de carbono de material polidisperso, compuesta de cadenas de 25 a 30 moléculas de fructosa unidas por enlaces β (1-2) glucosídicos y terminada con una molécula de sacarosa, tiene un peso molecular aproximado de 6,000 Da y sirve como reserva de energía en muchas plantas como la achicoria, la alcachofa y el agave. **Badui (2013)**

Es muy vital señalar que la inulina es degradada a oligómeros (cadenas cortas), empleando una disolución acuosa y a la acción de hidrolasas y convirtiéndolas así en sacarosa. La oligofruktosa perteneciente al grupo de los fructanos, que comparten la misma estructura sencilla de cadenas lineales de unidades de fructosa adherida por enlaces β (2-1). El grado de polimerización (GP) de la oligofruktosa será menor y es igual a 20- 60 unidades (**Biedrzycka, 2004**). La estructura molecular de la inulina al ser comparada con la sacarosa y la oligofruktosa se ilustra en la Figura 1.

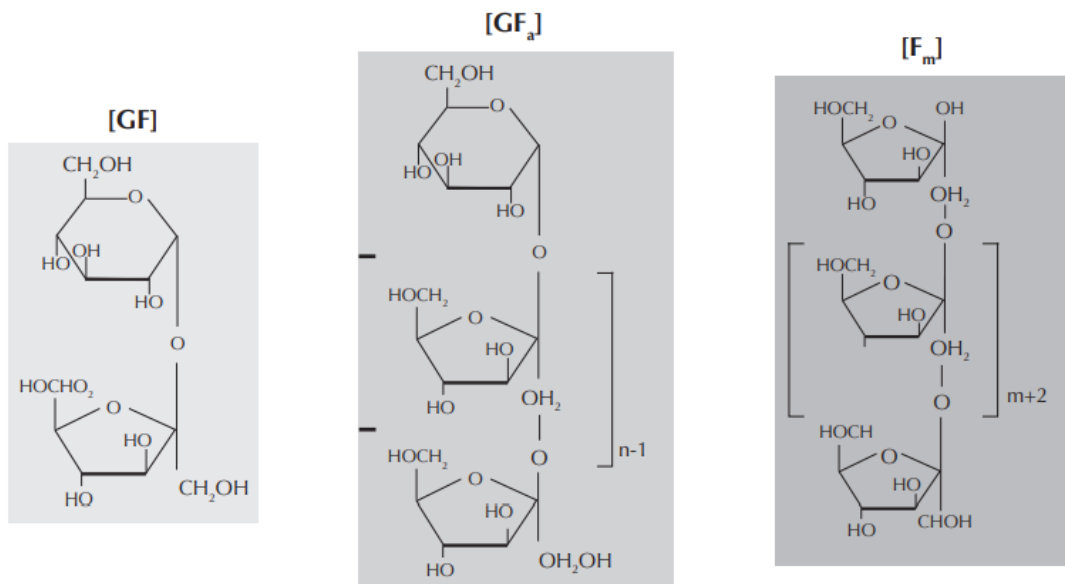


Figura 1. Estructura química de la sacarosa (izquierda), inulina (centro) y oligofruktosa (derecha)

Fuente: **Badui (2013)**

Derivados de la inulina

La oligofruktosa y los fructooligosacáridos (FOS) son compuestos derivados de la inulina más ampliamente estudiados y de mayor uso a nivel industrial, se caracterizan por sus enlaces de tipo β -(2-1) entre las unidades de fructosa, con un grado de polimerización que varían entre 2 y 60 unidades, y se han considerado carbohidratos de cadena corta o de un bajo nivel de polimerización. Estos compuestos presentan una estructura polimérica predominantemente lineal (**Madrigal y Sangronis, 2007**). Según **Corzo, et al. (2015)**, las diferencias primordiales radican en el grado de polimerización, siendo la inulina el compuesto con alto rango y un buen promedio. Los FOS y la oligofruktosa son altamente similares, pero con diferencias estructurales asociadas a partes provenientes (hidrólisis enzimática de inulina para la oligofruktosa y transfructosilación de sacarosa para los FOS).

En la Tabla 2 se presenta una comparación entre la inulina y sus derivados. Estas estructuras se diferencian entre sí al condicionar las características físicas y químicas, y las propiedades que determinan su uso como ingrediente.

Tabla 2. *Comparación entre varios fructanos: inulina, oligofruktosa y fructooligosacáridos (FOS)*

Origen	Inulina Extracción a partir de vegetales (achicoria)	Oligofruktosa Hidrólisis enzimática de la inulina	FOS Transfructosilación de la sacarosa
Rango GP	2-60	2-9	2-4
GP _{Prom}	10-12	4-5	3-7
Estructura química	Lineal (1-2% ramificación)	Lineal	Lineal

Fuente: **Corzo, et al. (2015)**

Oligofruktosa

La oligofruktosa contiene propiedades altamente tecnológicas similares al jarabe de glucosa y con la sacarosa, ya que su grado de polimerización es bajo ($GP < 10$) y tiene una solubilidad en agua mejor que la inulina, siendo de este modo estable a altas temperaturas y lo cual le otorga propiedades humectantes, disminuye la actividad de agua y estimula la estabilidad microbiológica. **Muñoz, Restrepo y Sepúlveda (2012)**.

Fructooligosacáridos

Al igual que la oligofructosa los FOS tiene un GP bajo, confiriendo mayor solubilidad en agua y de carácter dulce. Estos fructanos son considerados prebióticos, ya que no son digeribles por el tracto digestivo humano, poseen carácter bifidogénico (estimulan el crecimiento de bifidobacterias) y además, al ser consumidos con frecuencia, favorecen la absorción de minerales como calcio, contribuyen a la salud y bienestar del colon a través del fortalecimiento de su epitelio y previenen patologías colorrectales tales como cáncer. **Pool et al. (2002).**

Propiedades nutricionales

La inulina tiene bajo valor calórico, de 1,5 kcal/g, es hipoglucemiante y tiene la capacidad de mejorar la biodisponibilidad de calcio y magnesio. Regula parámetros lipídicos, además fortalece el sistema inmune y puede reducir el riesgo de cáncer. **Quitral et al. (2018)**

Métodos de extracción

Fuentes, Cotrina y Romero, (2013), en un estudio establecieron el método de extracción de la inulina presente en los tubérculos de la *Dahlia spp*, donde indican que para la extracción y precipitación de la inulina del tubérculo llevada por etapas como se indica en la Figura 2, se usaron como solvente cristalino el etanol en 96 % grado comercial, carbonato de calcio (CaCO₃) grado alimentario.

La obtención de inulina parte con 1 kg de tubérculos de Dahlia previamente lavados y troceados para la extracción del jugo, para evitar la hidrólisis de la inulina rápidamente se agrega carbonato de calcio que el regular el pH hasta 7.6. Este procedimiento continúa con la filtración y calentamiento a 70 °C para eliminar albuminoides para luego concentrar el líquido hasta la cuarta parte de volumen en baño María.

Una vez concentrado el extracto se añade alcohol al 96%, fijándose que el volumen adecuado para la máxima precipitación de los cristales (con relación a la cantidad de extracto de los tubérculos de Dahlia) es de 1:1. Luego para lograr la formación de los cristales de inulina se enfría la muestra hasta llegar a una temperatura de 2 °C. Finalmente, llevar a precipitación la inulina ésta será sometida a filtración de los cristales usando una bomba al vacío, llevándose finalmente a secar en una estufa con ventilación regulada a 30°C, obteniéndose en este caso el 7,49% de fibra. **Fuentes, Cotrina y Romero, (2013)**

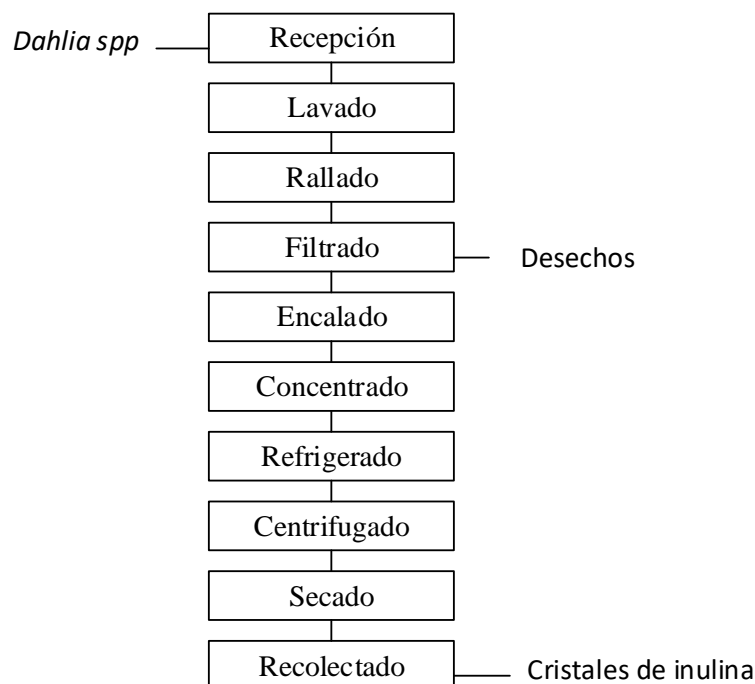


Figura 2. Diagrama de obtención de inulina de los tubérculos de la *Dahlia spp.*

Caracterización de la inulina

En el estudio de **Escobar (2017)**, sobre la obtención de cristales de inulina ha reportado las propiedades fisicoquímicas más importantes de la inulina como se muestra en la Tabla 3. Así mismo por lo mencionado por **López (2015)** se corrobora que según estas propiedades físicas, la inulina es considerada un polvo blanco, higroscópico, inodoro e insípido, con un punto de fusión alcanza los 165 °C y con una gravedad específica de 1.356.

Tabla 3. Características y propiedades fisicoquímicas importantes de la inulina

Propiedad y/o Característica	Resultados
Apariencia	Polvo blanco
Sabor	Neutro
Olor	Sin olor
Higroscopicidad	Elevada
GP promedio	12
Temperatura de fusión	165-180°C
Viscosidad (Agua, 5%, 10°C)	1.6 mPa.s
Rango de GP	2-60
Solubilidad en agua (25 °C)	120 g/L
Solubilidad en agua (90 °C)	350 g/L
Temperatura de transición vítrea (Tg)	125-140°C

Fuente: **Escobar (2017)**

3.2 Análisis documental – Investigaciones científicas

3.2.1 Propiedades funcionales de la inulina y sus derivados

Los principales factores responsables de que un polisacárido pueda ejercer un efecto prebiótico son la estructura química, la composición, el grado de polimerización, su estructura (lineal o ramificada), así como la solubilidad en agua (**Márquez et al 2013**).

La inulina y los fructooligosacáridos como la oligofructosa son β 2-1 fructanos lineales, lo cual les hacen resistentes a la acción de las enzimas del intestino delgado, ya que en esta zona únicamente son hidrolizados los enlaces α -glucosídicos, estos fructanos una vez superado esta zona gástrica pasan al intestino grueso y colon donde son fermentados por bacterias presentes, produciendo lactato y ácidos carboxílicos de cadena corta, fundamentalmente acetato. **Juárez, et al. (2005)**

El carácter prebiótico de la inulina se reconoce por las respuestas del organismo ante la ingestión de este componente, entre efectos mayormente estudiados son:

Refuerzo del sistema inmunológico

La microbiota intestinal ha tenido un impacto preponderante en el desarrollo inicial y en la homeostasis permanente en el sistema inmune. Es así que en estudios experimentales con crías de ratones, se ha llegado a demostrado que la administración vía oral de inulina acelera el desarrollo del sistema inmune de la mucosa intestinal, cuyo elemento importante y característico son los plasmocitos (linfocitos B diferenciados) secretores de inmunoglobulina A. **Guarner (2007)**

El efecto se puede producir por la modulación de la microbiota intestinal que a su vez genera la estimulación del desarrollo de bifidobacterias y lactobacilos, reducción de productos de fermentación, bacteroides y clostridios. La acidificación representa una barrera contra patógenos, actúan sobre las células inmunitarias como glóbulos blancos y previenen la inflamación y **Rupérez. (2017)**.

De mismo modo **Ayala, et al. (2018)** afirman que un alto porcentaje de inulina en el colon estimula el crecimiento del lactobacilos y bifidobacterias, generándose una disminución de intolerancia a la lactosa y algunos estudios demostraron que elementos de la partición de las células del *Bifidobacterium* reduce el desarrollo de tumores.

Regulación del tránsito intestinal

Una función a resaltar de los prebióticos acorta el tránsito intestinal, gracias a ese carbohidrato no digerido que, al llegar al intestino grueso, reduce la consistencia de las heces y aumenta el peso y la frecuencia de defecación. Aparte se ha identificado que los ácidos grasos de cadena corta, en especial el butirato, ya que presentan un efecto positivo sobre el endotelio y el peristaltismo, ayudando así a la mejora del tránsito. **Aparicio (2017)**

Debido a su presencia como por su capacidad de retención de agua, la fibra aumenta el volumen del contenido intestinal. Con este aumento el volumen del contenido cólonico, provoca un crecimiento de su peristaltismo, lo que favorece la función evacuatoria, y como asiste **Corto et al. (2015)**, los prebióticos actúan sobre determinadas funciones intestinales reduciendo el tiempo de tránsito intestinal, al producir un mayor volumen del bolo fecal y del aumento en el número de deposiciones.

En el estudio de **Gotteland y Brunser (2016)**, al evaluar el efecto que posee un yogur con inulina sobre la función intestinal de especies sanos o constipados identificó que a partir de un consumo de 2 yogures diarios con inulina, se produce un aumento significativo de la sintomatología digestiva en las especies sanas, esto debido principalmente al aumento de emisión de gases rectales. Análisis similares se realizaron en los sujetos constipados al digerir estos 3 productos diarios; por otra parte, en aquellos se identificó además un aumento significativo tanto en la frecuencia de las deposiciones como en la consistencia.

Armas et al. (2019) han identificado que la inclusión de inulina en la dieta, ha mostrado cambios en la microbiota intestinal y en la composición de la flora fecal, atribuido a la disminución del pH que produce al estimular el crecimiento y la actividad bacteriana y la producción de ácidos grasos de cadena corta, ya que como menciona **Velásquez, et al. (2012)** que el menor pH favorece el crecimiento de lactobacilus y bifidobacterias sobre el de otras bacterias no deseables.

Reducción del riesgo de cáncer de colon

Según **Di Primio, Duca y Rubio (2021)**, la regulación de la microbiota intestinal por prebióticos y probióticos, tanto en forma individual o de forma combinada, podrían influir, positivamente en la interferencia entre el sistema inmune y la microbiota, lo cual influye en la prevención de la inflamación y cáncer colorectal. Por otra parte la mayoría de las bacterias nocivas cuyos metabolitos agilitan la aparición de lesiones ulcerosas procarcinogénicas se encuentran inhibidas por la acción simbiótica de los fructooligosacáridos y bifidobacterias.

De acuerdo a lo reportado por **Bhatt et al., (2017)** la microbiota puede reducir la susceptibilidad y la progresión del cáncer por varios mecanismos por ejemplo, la modulación de la inflamación, la producción de metabolitos involucrados en la oncogénesis o la supresión de varios tumores.

En animales que ya han desarrollado cáncer de colorrectal, según **Hidalgo y Farran (2013)**, la administración de prebióticos reduce el número y la multiplicidad de focos de criptas aberrantes, reduce el número y la vida media de los tumores, inhibe el crecimiento de éstos y potencia el efecto de diferentes fármacos quimioterapéuticos. De estos prebióticos la Inulina HP mantienen una relación más estrecha con la neoplasia (masa anormal de tejido), por la longitud de su cadena.

Mejoramiento del metabolismo lipídico

Por cuanto al efecto sobre el metabolismo lipídico los fructanos tipo inulina, han reflejado una mejora del perfil lipídico, a través de varios mecanismos, incluyendo: reducción de la expresión génica de las enzimas hepáticas responsables por la síntesis *de novo* de lípidos; incremento de la actividad enzimática del lipoproteína lipasa muscular; incremento de la producción de ácidos grasos de cadenas cortas. **Aparecida, et al. (2015)**

En el estudio de **Balcázar, et al. (2003)** donde se analizó el efecto que tiene la administración vía oral de inulina sobre el perfil de lípidos y la sensibilidad a la insulina en individuos con dislipidemia y obesidad, se identificó que la administración de 7 g/día de inulina durante 4 semanas logró una disminución significativa del colesterol total y del colesterol LDL, así como de las VLDL y de los triglicéridos,

mientras que el colesterol HDL no mostró un incremento significativo con la administración de inulina, probablemente por el corto plazo de observación.

Por otro lado **De Luis, et al. (2010)**, en un experimento clínico aleatorio con una galleta enriquecida en inulina con observación en el patrón de riesgo cardiovascular de pacientes obesos, determinan que la ingesta de 3 gramos/día de inulina proveniente de una galleta enriquecida, en pacientes obesos se consigue una reducción de los niveles de colesterol LDL (ensayo en 15 voluntarios). Los efectos encontrados mencionan que se debe al incremento en la pérdida de sales biliares por las heces, que puede oscilar entre un 20 y un 80%, produciendo secundariamente una disminución en la cantidad total de colesterol corporal.

La mejoría en el perfil de lípidos según **Aparecida, et al. (2015)** se debe a dos propiedades de la inulina. Por una parte a su efecto como fibra, ya que se le ha considerado y clasificado como fibra dietética con todos sus atributos, entre los que se encuentran la disminución en el transporte del colesterol hacia la membrana absortiva, la disminución en la absorción de los ácidos biliares, la producción de ácidos grasos de cadena corta debido a la fermentación total de la fibra por la microflora del colon y la disminución en la absorción de glucosa.

En el estudio de **Marti, et al. (2013)** se halla que la suplementación de la dieta con fructo-oligosacáridos ha demostrado efectos positivos en pacientes moderadamente hiperlipidémicos, donde la ingesta de 20 g/día de inulina disminuye significativamente los triacilglicéridos en 40 mg/dl, como se había analizado previamente en pacientes moderadamente hiperlipidémicos que recibieron dosis de 9 g/día de inulina. Además en la investigación se menciona que los sujetos con niveles de colesterol por encima de 250 mg/dl tuvieron una importante disminución del colesterol tras la suplementación con inulina.

Aumento de la absorción de calcio y de magnesio

El Ca y el Mg son dos minerales que constituyen la estructura ósea del organismo, según **Lavanda et al. (2011)** son absorbidos en el intestino grueso (ciego y colon), los mismos que al ser ingeridos junto con alimentos funcionales que contienen prebióticos (inulina y FOS), notoriamente contribuyen al aumento en la biodisponibilidad de estos minerales.

Bueno et al. (2016); Determinaron que los prebióticos producen ácidos grasos de cadena corta por la fermentación bacteriana y además demuestra tener influencia sobre la salud ósea a través de la disminución en el pH del ciego, lo que conlleva a la disolución de las sales insolubles de calcio y magnesio, aumentando la difusión pasiva y su absorción junto con la de los propios ácidos grasos de cadena corta.

Control de azúcar en sangre

Algunos estudios en animales han sugerido que las fibras de inulina pueden proteger o retrasar la diabetes tipo 1 en ratones al modular la respuesta inmunitaria y mejorar la salud intestinal, determinado que la suplementación con Fructanos de Tipo Inulina (FOS) ayudó a reducir el colesterol malo (LDL). La suplementación con (FOS) además ayudó a reducir el azúcar y la insulina en ayunas mejorando el colesterol bueno (HDL) en personas con diabetes tipo 2 diabetes. **(Liu, Prabhakar, Ju, Long, & Zhou, 2017).**

Control de peso y apetito

La inulina ayuda a controlar el apetito al aumentar la sensación de saciedad. **(Cervoni, 2020).** La investigación ha demostrado que la suplementación con inulina puede ayudar a reducir el apetito y la ingesta general de calorías en niños con sobrepeso y obesidad **(Hume, 2017).** La suplementación con inulina puede ser una buena forma de ayudar a aumentar la sensación de saciedad, lo que inherentemente puede influir en la pérdida de peso.

Por lo contrario **Quitral, et al. (2018);** encontraron efectos controversiales con respecto a la saciedad, ya que en ciertos casos se demostró efecto en la saciedad y en otros casos no tuvo el mismo efecto, en tanto se manifiesta que no es posible confirmar concretamente que la inulina tenga el efecto de generar saciedad en humanos, sin embargo se observa un efecto de control de la saciedad al ser añadido a algunas preparaciones que producen saciedad individualmente.

3.2.2 Empleo de inulina y sus derivados en diferentes matrices alimenticias

Hay una serie de propiedades funcionales a nivel tecnológico recomendadas de inulina y sus derivados en diferentes productos alimenticios como productos lácteos, postres congelados, productos untables, helados, salsas, productos horneados, aderezos de ensaladas, productos cárnicos y chocolate, según se muestra en la Tabla 4.

Tabla 4. *Funcionalidad y cantidades recomendadas de inulina*

Aplicaciones	Funcionalidad	Cantidad recomendada a utilizar (g/100g/cc)
Productos lácteos	Capacidad de formar gel, cuerpo y palatabilidad, sinergismo con edulcorantes, emulsificantes, sustituto de azúcares y grasas.	2-10
Postres Congelados	Sustituto de azúcares y grasas, sinergismo con edulcorantes, aporta textura, depresión en el punto de congelación.	2-10
Industria Cárnica	Textura, estabilidad de emulsión, sustituto de grasas.	2-10
Productos untables, salsas	Cuerpo y palatabilidad, sustituto de grasas, textura y capacidad de ser untado.	2-10
Productos horneados	Disminución de la actividad acuosa, sustituto de azúcares.	2-15
Industria para frutas	Capacidad de formar gel, estabilidad de emulsión, cuerpo y palatabilidad, sustitutos de azúcares y grasas, sinergismo con edulcorantes.	2-10
Aderezos de Ensaladas	Sustituto de grasas, cuerpo y palatabilidad.	2-10
Chocolate	Sustituto de azúcares, humectante.	5-30

Fuente: **Frank (2002)** y **Lotufo et al. (2015)**.

Productos lácteos

Una fortificación de productos lácteos con inulina brinda una serie de funcionalidades entre ellas sinergismo con edulcorantes, sustituto de grasas y azúcares, cuerpo y palatabilidad, capacidad de formar gel y como emulsificantes. Siendo así como se identifica en la investigación de **Mackencie, Moreno y Bernal (2019)** que al

incorporar un tipo de alimento prebiótico reduce su contenido de grasa convirtiéndolo en un queso semigraso, que aumenta su contenido de humedad por lo que se considera un queso semiduro, denotando que un proceso sometido a concentración de 1% de inulina mantiene esta caracterización y no afecta sus características sensoriales (textura).

Según **Reza et al. (2016)** al elaborar y evaluar la composición bromatológica y sensorialmente de un queso tipo chihuahua adicionado con inulina, se evidenció que este queso chihuahua con su etapa característica de cheddarización, no se vio afectada por la adición de inulina, la cual fue agregada antes del proceso de coagulación. Los resultados bromatológicos reflejaron mayor fibra y humedad, con disminución en los demás nutrientes y en cuanto a propiedades sensoriales no mostró diferencia significativa.

Por otro lado en el estudio de **Villegas, V. (2008)** se investigó la influencia de la adición de inulina de distinto grado de polimerización en el comportamiento de flujo, en la cremosidad y viscosidad, percibidas por análisis sensorial en sistemas de modelo de bebidas lácteas elaboradas con base a la leche entera y con leche desnatada, los resultados fueron diferentes con base a el grado de polimerización y al tipo de leche que se ha empleado. La inulina de longitud de cadena larga fue la que proporcionó los incrementos de cremosidad, viscosidad instrumental y sensorial, asimismo de la inulina de cadena nativa y de la inulina de cadena corta. Simultáneamente se identificó que la capacidad de la inulina como un sustituto de grasa dependía, aparte de la longitud media de las cadenas, se consideró además la concentración de inulina añadida.

Productos cárnicos

Peña, et al. (2020); desarrollaron un derivado cárnico emulsificado tipo salchicha con propiedades funcionales, y que cumplen con el objetivo de reducir el contenido de grasa y una adecuada calidad sensorial y microbiológica, empleando concentraciones entre el 0 y el 12% de inulina, el 8% y el 12% de grasa y un 4% de almidón de papa, lo que concordando con lo reportado por otros autores.

A partir de la metodología empleada, se verifica que la mejor variante seleccionada para los criterios establecidos dentro de este trabajo correspondió a salchichas

elaboradas con un 6,67% de inulina y un 8,73% de grasa. Se observó que la inulina produce un aumento significativo de la dureza de los productos, independientemente del nivel utilizado, sin embargo, no afecta las características sensoriales y mantiene la jugosidad de las mismas.

Industria farmacéutica

En la investigación de **Madrigal y Sangronis (2007)**, se menciona que la inulina y derivados se han empleado en industrias como la farmacéutica en la elaboración de un material excipiente en tabletas, coadyuvante en vacunas y como ingrediente estructurante en la mayoría de detergentes. Así mismo, en la industria química y de procesamiento se emplea la inulina y la carboximetil inulina (CMI), como un agente quelante y anti-incrustante de tuberías, depósitos, cámaras de reacción y de separación y otros equipos.

Silva et al., (2020) en el estudio titulado aplicación biotecnológica en la obtención de un simbiótico encapsulado a base de diferentes niveles de inulina y (*Lactobacillus Casei*), menciona que la inulina puede pasar a ser una interesante alternativa para la elaboración de envolturas de fármacos en la que deben liberar su principio activo en la zona del colon, y debido a sus propiedades nutricionales y fisiológicas, se ha utilizado cada vez más como un ingrediente versátil en alimentos funcionales procesados como los reemplazos de grasas y azúcares o suplementos de fibra.

De mismo modo en un estudio **Barclay (2012)** menciona que en la industria farmacéutica la inulina es suministrada vía oral como fármaco para problemas en el colon al reducir la velocidad de absorción de narcóticos, lo que mitiga los efectos adversos de estos en el estómago y para el tratamiento de los primeros síntomas en enfermedades como el cáncer.

Postres congelados

En cuanto a la producción de helados según **Gonzales, Velasquez y Ramírez (2017)**, en helado de crema al adicionar inulina como sustituto de grasas da como resultado una variedad de postres congelados con buenas características sensoriales, que se pueden considerar funcionales, bajos en grasa, bajos en calorías o ricos en fibra. y según afirma **Rodríguez, Mejía y Serna (2019)**, en la formulación de helados de

vainilla es posible reemplazar el 57,14% de grasa vegetal por inulina, sin que se afecten propiedades sensoriales en el producto, logrando reducir en 16% del contenido calórico y 48,6% el contenido de grasa saturada.

3.2.3 Desarrollo de alimentos con base a la inulina y sus derivados.

Como se ha mencionado los efectos de la inulina son varios, complementariamente estudios demuestran que existen métodos de empleo aún más eficientes, como en el estudio de **Garces, Albelo y Nuñez (2007)**, sobre la fermentación de inulina por bacterias ácido lácticas con características probióticas. En este estudio, dos cepas probióticas de *Lactobacillus salivarius* (7 y 65) y la elaboración de una mezcla probiótica se evaluaron *in vitro* para identificar la capacidad de fermentación de la inulina (prebiótico). Se determinó que hubo crecimiento de todas las cepas, siendo la cepa 65 de *Lactobacillus salivarius* la de mayor potencialidad lo que permitió demostrar que la inulina se constituye como una fuente energética que aumenta la supervivencia intestinal de las bacterias beneficiosas.

Por otro lado **Castillo (2019)**, en un estudio acerca de la elaboración y formulación de encapsulados de aceite de linaza con inulina con maltodextrina como componentes de pared, identificó un mayor porcentaje de encapsulación del aceite según incrementa la cantidad de inulina hasta el 50%, complementado con maltodextrina, como material de pared, por lo cual demuestra que la inulina contribuye al aumento de este encapsulado, el objeto de la inclusión de inulina en el encapsulado fue debido a que por los enlaces tipo β (2-1), evitan una pérdida por degradación de este material de pared en la saliva del ser humano y se lograr el objetivo de liberación en el intestino de los componentes de interés, logrando un efecto de doble funcionalidad.

3.2.4 Proyección y desarrollo de obtención de alimentos con inulina y sus derivados en el Ecuador.

La inulina en el Ecuador no se ha reconocido como un producto que se consume diariamente en el mercado alimentario por desconocimiento de los beneficios que este contiene, fundamental por los métodos de extracción óptimos y garantizados, además por la demanda de precios, por cantidades reducidas, razón por la cual un cierto porcentaje de personas que tienen conocimiento de este producto tienen que obtenerlas

de otros países principalmente de México con su potencial producción de agave y achicoria. **Molino y Taco, (2019)**

Así mismo según **Escobar (2017)**, indica que pese a que Ecuador cuenta con una alta gama de especies vegetales que contienen inulina, es un país que importa en su mayoría este componente, llegando a la conclusión que a pesar de las diversas aplicaciones y beneficios de este producto, el mercado que contiene la inulina no ha sido aprovechado debido al desconocimiento de su procesamiento y de su valor biológico, para esto, el mencionado autor en la Escuela Politécnica Nacional, desarrolló un estudio de obtención de cristales de inulina a partir de cuatro variedades de plantas de cultivo no tradicional del Ecuador.

Las especies vegetales de estudio fueron malanga (*Xanthosoma sagittifolium*), papa china (*Colocasia esculenta*), jícama (*Smalanthus Sonchifolius*) y cabuya (*Agave americana*) y se determinó que las plantas con altos porcentajes de fructanos solubles fueron la jícama y la cabuya con el 14,0 y 28,5% respectivamente. Las condiciones para la extracción que se fijaron para este estudio fueron 80°C, 130 rpm, 1:5 de relación sólido líquido y 45 minutos. Los extractos fueron analizados e identificados como inulina a partir de la comparación de los espectros en Espectroscopia infrarroja, de la sustancia obtenida y de estándares comerciales.

Por otro lado **Lara, et al. (2017)** en la Universidad Central del Ecuador (UCE), facultad de Ingeniería Química, en el marco del Proyecto Prometeo de la SENESCYT se extrajo por primera vez inulina cruda (natural) a partir del banano (*Musa paradisiaca*), la tuna (*Opuntia ficus-indica*) y el ajo (*Allium sativum*). De la tuna y del ajo se obtuvieron contenidos muy altos, no así del banano. Mientras que **Fuentes (2014)**, en la Universidad Central del Ecuador extrae inulina a partir de ajo, obteniendo en promedio el 17,8% de inulina, bajo un tratamiento que conserve sus propiedades para efectos funcionales.

En cuanto estudio enfocados con el efecto funcional de la inulina en Ecuador, **Miranda (2011)**, realizó un estudio acerca de la evaluación de los prebióticos: Inulina y Oligofructosa agregados en la elaboración de yogur natural como alimento funcional, donde consiguió un nivel óptimo de acidez, viscosidad y sinéresis del yogurt reformulado con leche al 3,5% de grasa y 3% de inulina, dando como resultado el

1.52% de la fibra en el producto terminado, donde además tuvo una mejor aceptación organoléptica con respecto a otros tratamientos estudiados, concluyéndose que la adición de inulina y oligofruktosa permiten mejorar las características físico-químicas y sensoriales del yogur, se ha recomendado la implementación de estas fibras prebióticas en alimentos, ya que no aumenta en forma desmedida los costes de producción considerando los grandes beneficios, además es fundamental y necesario transmitir a los pequeños productores lácteos a través de los medios de comunicación de instituciones educativas.

Por otro lado **Zuñiga (2017)**, tras el desarrollo de un helado funcional con adición de prebióticos y bacterias probióticas, en la Universidad del Azuay manifiesta que los retos para desarrollar helados funcionales tienen que ver con el mantenimiento de la calidad del producto terminado, midiendo propiedades físicas del producto y aceptabilidad del consumidor, así como la viabilidad de los microorganismos probióticos y el aseguramiento de la función prebiótica, y como mencionaba **Garces, Albelo y Nuñez (2007)**, la combinación de estos efectos funcionales mejora su eficiencia.

En cuanto al empleo de la inulina en el sector cárnico **Jaramillo (2014)** elaboró un producto cárnico funcional con la adición de inulina obteniendo sustituir la grasa y obtener un efecto prebiótico. Para ello se realizaron varios experimentos al combinar cierto porcentaje de inulina (0 a 12%) y grasa (8 a 12%), empleando el almidón de papa al 4% en estas formulaciones, la combinación con un 6.67% de inulina y 8,73% de grasa resultó ser la más ponderante, la cual se observó que la inulina produce un aumento significativo de la dureza de los productos, sin embargo, no afecta las características sensoriales y mantiene la jugosidad del producto.

3.2.5 Beneficios y desventajas del empleo la inulina y sus derivados

Beneficios

Como se detalla en la revisión, la inulina y sus derivados posee múltiples beneficios, principalmente en las industrias alimenticia y farmacéutica, y según **Lara, et al. (2017)**, en formulaciones alimentarias mejorando las propiedades organolépticas, además de ser un gran sustituto de grasas sin modificar las texturas, mencionando

algunos tales como confites ,lácteos fermentados, postres congelados ,chocolates, bebidas, cereales, cárnicos, barras energéticas , productos con menor porcentaje en grasas o azúcares debido a la baja cantidad de calorías que proporciona y a preparaciones a base de frutas y jarabe de fructosa.

Entre otros beneficios funcionales a la salud que aporta la inulina, según **Murillo, et al. (2016)**; mencionó, la estimulación del crecimiento y producción de bacterias benéficas, la regulación del tránsito intestinal, el refuerzo del sistema inmunológico, la disminución del riesgo de cáncer de colon, la disminución de triglicéridos en sangre, el aumento de la absorción de calcio y de magnesio; la reducción del colesterol sanguíneo, el mejoramiento de la respuesta glucémica; y el aporte de un bajo valor calórico, con un límite máximo de 1,5 Kcal/g.

Efectos adversos

La inulina y derivados son considerados fibra dietética soluble y como mencionó **Lara, et al. (2017)** como toda fibra, una ingesta inadecuada puede provocar efectos indeseables en el individuo, tales como la producción de gases resultantes de la fermentación bacteriana en el colon. Los gases son uno de los efectos secundarios bien conocido y no aceptado a menudo, debido al consumo de fibras dietéticas en general, ingestas excesivas de inulina que no sean toleradas por el organismo como distensión abdominal, meteorismo, dolor abdominal. **Marqués, (2014)**

No se ha evidenciado ninguna toxicidad sin considerar la cantidad ingerida como parte de la dieta. En ciertos individuos, la aceleración de la fermentación de los fructanos provoca un aumento en la concentración de hidrógeno a nivel estomacal, lo que puede fomentar la peristalsis del colon, derivándose en patologías similares a la intolerancia a la lactosa tales como flatulencia, defecaciones irregulares e irritabilidad abdominal. **Armas (2019)**

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES

- Mediante la presente revisión de las propiedades funcionales de la inulina y sus derivados se ha evidenciado que estos componentes vienen siendo ampliamente utilizados en diversas formulaciones de alimentos preparados, ya que no solo aporta propiedades funcionales como prebiótico, sino también aporta propiedades de funcionalidad tecnológica principalmente como mejoradores de textura.
- El efecto funcional de prebiótico que posee la inulina y sus derivados viene dado principalmente de su estructura química y su grado de polimerización ya que permite que estos componentes no sean degradados en el tracto gastro intestinal sino hasta la altura del colon, donde es fermentado y aprovechado por bifidobacterias.
- Los fructanos tipo inulina con menor grado de polimerización permiten un crecimiento más rápido de los Lactobacilos y Bifidobacterias, mientras que fructanos de cadena corta posee mejor solubilidad en agua otorgándose funcionalidades semejantes al azúcar o jarabe de glucosa.
- Entre los principales efectos funcionales de la inulina y sus derivados se determinó que está la regulación del tránsito intestinal, la estimulación del crecimiento de bacterias benéficas, un aumento en el porcentaje de absorción de calcio y de magnesio y la disminución del colesterol y triglicéridos. Sin embargo estos componentes también poseen funcionalidades tecnológicas como el aporte de cuerpo y palatabilidad, sustituto de azúcares, grasas y aporte de textura.
- Se determinó que existe un ligero crecimiento del desarrollo de alimentos a base inulina y sus derivados gracias a los evidentes beneficios otorgados ya que solo se necesitan entre 5 y 8 gramos diarios de inulina para obtener efectos saludables beneficiosos.
- En el Ecuador el desarrollo y consumo de alimentos funcionales a base de inulina es limitado, puesto que, pese a que el país cuenta con una gama de

especies vegetales que contiene inulina este componente debe ser importado sin embargo en diversos estudios locales se plantea los métodos de extracción.

- Los efectos beneficiosos de emplear inulina y sus derivados como se menciona son varios, sin embargo se debe considerar que en dosis muy altas suministradas a las permitidas puede provocar intolerancias luego de su ingesta, como ruidos intestinales, efectos osmóticos, diarrea y flatulencia como consecuencia del proceso de fermentación.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aparecida, S., Lisiane, C., Diniz, D., Maciel, M., y Carmo, M. (2015). Mechanisms used by inulin-type fructans to improve the lipid profile. *Nutrición Hospitalaria*. 31(2):528-534 ISSN 0212-1611. Recuperado de: <https://scielo.isciii.es/pdf/nh/v31n2/02revision01.pdf>
- Aparicio, I. (2017). *Prebioticos en la mejora de la función gastrointestinal*. Tesis de grado, Universidad Complutense, Facultad de Farmacia. Recuperado de: <http://147.96.70.122/Web/TFG/TFG/Memoria/PATRICIA%20SANCHEZ%20SERRANO.pdf>
- Armas, R., Martínez, D. y Pérez, E. (2019). Fructanos tipo inulina: efecto en la microbiota intestinal, la obesidad y la saciedad. *Gaceta Médica Espirituana*, 27(2). Recuperado de: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1608-89212019000200134
- Ayala, M., Hernández, D., Pinto, R., González, S., Bárcena, J., Torres, N. (2018). Prebiotic effect of two sources of inulin on in vitro growth of *Lactobacillus salivarius* and *Enterococcus faecium*. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias* 9 (2): 346-361. Recuperado de: <http://www.scielo.org.mx/pdf/rmcp/v9n2/2448-6698-rmcp-9-02-346.pdf>
- Badui, S. (2013). *Química de los alimentos*. Quinta edición, PEARSON EDUCACIÓN, PP 106. México.

- Balcázar, B., Martínez, E. y Gonzales, M. (2003). Efecto de la administración oral de inulina sobre el perfil de lípidos y la sensibilidad a la insulina en individuos con obesidad y dislipidemia. *Revista médica de Chile*, 31(6). Recuperado de: <http://dx.doi.org/10.4067/S0034-98872003000600002>
- Barclay, T. (2012): Analysis of the hydrolysis of inulin using real time ¹H NMR Spectroscopy. *Carbohydrate Research*, 352: 117-125.
- Bhatt AP, Redinbo MR, Bultman SJ (2017). The role of the microbiome in cancer development and therapy. *CA: A Cancer J. Clin.* 67:326-44.
- Bueno, P., Manzano, M., López, I. y López, J. (2016). Influence of supplementation with oligofructose-enriched inulin on bone mineral content and density after delivery and lactation in rats. *Nutrición Hospitalaria* 33(5). versión On-line ISSN 1699-5198. Recuperado de: https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0212-16112016000500010
- Calvo, S., Gómez, C., Royo, M. y López, C. (2012). Nutrición, salud y alimentos funcionales. Educación permanente. Editorial UNED. Recuperado de: https://books.google.com.ec/books?id=hfQMXBIiydgC&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false
- Castellanos, L., Murillo, K., Ortega, D., y Velázquez I. (2016). Empleo de inulina en matrices alimentarias. *Revista Alimentación latinoamericana*. Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/306433744_Empleo_de_inulina_en_matrices_alimentarias
- Castillo, J. (2019). Formulación de cápsulas de aceite de linaza con inulina y maltodextrina como materiales de pared. *Departamento de Ingeniería Química, Universidad de Los Andes, Pregrado*. Recuperado de: <https://repositorio.uniandes.edu.co/bitstream/handle/1992/44785/u831006.pdf?sequence=1>
- Corzo, N., Alonso, J., Azpiroz, F., Calvo, M., et al. (2015). Prebióticos; concepto, propiedades y efectos beneficiosos. *Revista Nutrición hospitalaria*, 35(1): 99-

118. DOI:10.3305/nh.2015.31.sup1.8715. Recuperado de:
<http://www.aulamedica.es/nh/pdf/8715.pdf>

Dahl, W., Whiting, S., Isaac, T., Weeks, J. y Arnold, C. (2005). Effects of thickened beverages fortified with inulin on beverage acceptance, gastrointestinal function, and bone resorption in institutionalized adults. *Nutrition*, 21(3):308-11. doi: 10.1016/j.nut.2004.06.025. Recuperado de:
<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/15797671/>

De Luis, D., De la Fuente, B., Izaola, O., Conde, O., Gutiérrez, S., Morillo, M. y Torres, C. (2010). Ensayo clínico aleatorizado con una galleta enriquecida en inulina en el patrón de riesgo cardiovascular de pacientes obesos. *Nutrición hospitalaria*, 25(1):53-59. DOI:10.3305/nh.2010.25.1.4535

Di Primio, N., Duca, G. y Rubio, C. (2021). Actividad de los fructooligosacáridos como prebiótico y efectos sobre el tracto intestinal. *BioTecnología*, 25 (1): 10-20. Recuperado de: <https://smbb.mx/wp-content/uploads/2021/05/Di-Primio-et-al-2021.pdf>

Escobar, F. (2017). *Obtención de cristales de inulina a partir de cuatro variedades de plantas de cultivo no tradicional del Ecuador*. Tesis de grado, Escuela Politécnica Nacional. Ecuador. Recuperado de:
<https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/17438/1/CD-7937.pdf>

Fuentes, M. (2014). Extracción y cuantificación de inulina a partir del ajo. Tesis de grado. Universidad Central del Ecuador. Recuperado de:
<http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/2868/1/T-UCE-0017-77.pdf>

Fuentes, M., Cotrina, L., y Romero, B. (2013), Extracción y caracterización de la inulina presente en los tubérculos de la Dahlia spp. Revista del Instituto de Investigación (RIIGEO), FIGMMG-UNMSM, 16(31), pp. 81 - 85. Recuperado de: <https://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe>

García, Y., Albelo, N. y Núñez, O. (2007). Fermentación de inulina por bacterias ácido lácticas con características probióticas. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, 3(41). PP 263-266. Recuperado de:
<https://www.redalyc.org/pdf/1930/193017693011.pdf>

- Garda, M. (2020). Técnicas del manejo de alimentos. Tercera edición, Eudeba ediciones, PP, 69. Buenos Aires. Recuperado de:
https://books.google.com.ec/books?id=zQbtDwAAQBAJ&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false
- Gonzales, S., Velasquez, I. y Ramírez, J. (2017). Empleo de Inulina en helados. Heladería Panadería Latinoamericana N° 250. Recuperado de:
https://www.researchgate.net/publication/318909184_Empleo_de_Inulina_en_helados
- Gotteland, M. y Brunser, O. (2016). Effect of an inulin containing yogurt on intestinal function of healthy and constipated volunteers. *Revista chilena de nutrición*. 33(3). Recuperado de:
https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0717-75182006000500012
- Guarner, F. (2007). Alimentos funcionales. Aproximación a una nueva alimentación. Alimentos prebióticos. Primera edición. Instituto de nutrición y trastornos alimentarios. Recuperado de:
<http://www.madrid.org/bvirtual/BVCM009703.pdf>
- Guerrero, J. (2010). Alimentos fortificados con prebióticos. *Revista ReCiTeIA*, 10(1). PP 6-7. Recuperado de:
https://books.google.com.ec/books?id=FuZu20Fm62EC&dq=carbohidratos+inulina&hl=es&source=gbs_navlinks_s
- Hernández, A. (2010). Tratado de nutrición: Composición Y Calidad Nutritiva De Los Alimentos. Segunda edición. Editorial Médica Panamericana. España. pp 460. Recuperado de: <https://books.google.com.ec>
- Hidalgo, M. y Farran, A. (2013). Evidencia existente sobre la influencia de la ingesta de prebióticos sobre el riesgo de cáncer colorrectal. *Revista Española de Nutrición Humana y Dietética*. 17(1): 27 – 33. Recuperado:
http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/deed.es_CO
- Jaramillo, S. (2014). *Elaboración de salchicha tipo vienesa con sustitución parcial de grasa de cerdo por fibra dietética (Inulina)*. Tesis de grado, Universidad

Técnica De Machala, Carrera De Ingeniería En Alimentos. Recuperado de:
[http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/1585/7/CD00008-
TESIS.pdf](http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/1585/7/CD00008-
TESIS.pdf)

Juárez, M., Olano, A. y Morais, F. (2005). Alimentos funcionales. Primera edición. Fundación Española Ciencia y la Tecnología. España. Recuperado de:
<file:///E:/DATOS%20DE%20USUARIO/Downloads/alimentosfuncionales.pdf>

Lara, L. (2011). INULINA: Polisacárido con interesantes beneficios a la salud humana y con aplicación en la industria farmacéutica. *Revista Infórmate*, 7(27). Recuperado de: [https://aprenderly.com/doc/3155947/inulina--
polisac%C3%A1rido-con-interesantes-beneficios-a-la-salud](https://aprenderly.com/doc/3155947/inulina--
polisac%C3%A1rido-con-interesantes-beneficios-a-la-salud)

Lara, M., Lara., P., Julián, M., Pérez, A., y Benites, I. (2017). Avances en la producción de inulina. *Tecnología Química versión On-line ISSN 2224-6185*, 37(2). Recuperado de:
[http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2224-
61852017000200016](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2224-
61852017000200016)

Lavanda, I., Izay, S., Rodriguez, A., y Colli, C. (2012). Prebiotics and their effect on calcium bioavailability. *Revista Nutrición*, 26(2). Recuperado de:
<https://doi.org/10.1590/S1415-52732011000200014>

López, E. (2015). *Extracción y caracterización de Inulina de tubérculos de Dahlia ("Elga" tipo semi-cactus familia Asteraceae) para uso como prebiótico*. Tesis - Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas. Recuperado de:
<http://hdl.handle.net/123456789/426>

Luengo, E. (2007). Alimentos funcionales y nutraceuticos. Primera edición, Sociedad Española de Cardiología, PP 4. España. Recuperado de:
[https://secardiologia.es/images/publicaciones/libros/2007-sec-monografia-
nutraceuticos.pdf](https://secardiologia.es/images/publicaciones/libros/2007-sec-monografia-
nutraceuticos.pdf)

Mackencie, K., Moreno, R. y Bernal, A. (2019). Influencia de la inulina en el contenido graso del queso mozzarella fresco y aromatizado. *Revista*

Universidad Técnica Estatal de Quevedo. Recuperado de:
<https://revistas.uteq.edu.ec/index.php/ingenio>

Madrigal, L. Sangronis, E. (2007). La inulina y derivados como ingredientes claves en alimentos funcionales. *Revista Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 57(4). Recuperado de:
http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0004-06222007000400012

Marqués, N. (2014). *Revisión científica sobre los efectos de la fibra en la salud. Estudio transversal sobre el grado de conocimiento en una población asturiana*. Tesis de grado, Universidad Complutense, Facultad de Farmacia. Recuperado de:
<http://147.96.70.122/Web/TFG/TFG/Memoria/NEREA%20MARQUES%20GOMEZ.PDF>

Márquez, A., Camacho, R., Arriaga, M., Padilla, E., Kirchmayr, M., Blasco, J. y González, M. (2013). Effects of Agave tequilana fructans with different degree of polymerization profiles on the body weight, blood lipids and count of fecal *Lactobacilli/Bifidobacteria* in obese mice. *Food & Function*, 8(1): 1237-1244. DOI: <https://doi.org/10.1039/c3fo60083a>

Marti, M., Moreno, M. y Martínez, J. (2013). Efecto de los prebióticos sobre el metabolismo lipídico. *Nutrición Hospitalaria*, 18(2):181-188. Recuperado de:
https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0212-16112003000400002

Miranda, J. (2011). *Evaluación de los prebióticos: Inulina y Oligofructosa adicionados en la elaboración de Yogur Natural como alimento funcional*. Tesis de grado. Universidad Técnica del Norte. Ecuador. Recuperado de:
<http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/383>

Molina, L. y Taco, L. (2019). *Obtención y caracterización de la inulina a partir de dos variedades de agave cabuya negra (Agave Americana L.) Y agave sisal (Agave Sisalana P.) Con tres concentraciones de alcohol (40, 60, 80%)*.

Tesis de grado. Universidad Técnica de Cotopaxi. Recuperado de:
<http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/3274/1/T-UTC-00541.pdf>

Molina, M. y Martín, A. (2005). La fibra dietética procesada como alimento funcional. *Revista Elsevier*, 26(1):70-77. Recuperado de:
<https://www.elsevier.es/es-revista-offarm-4-articulo-la-fibra-dietetica-procesada-como-13097333>

Muñoz, S., Restrepo, D. y Sepúlveda, J. (2012). Revisión: Inulina en algunos derivados cárnicos. *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín*, 65(2). Recuperado de:
http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0304-28472012000200022

Murillo, K., Velásquez, I., Ortega, E. y Ramírez, J. (2016). Empleo de inulina en matrices alimentarias. *La alimentación latinoamericana*. 325(1). Recuperado de:
https://www.researchgate.net/publication/306433744_Empleo_de_inulina_en_matrices_alimentarias

Peña, M., Peña, S. y Aloida, M. (2020). Inulina: una alternativa para el desarrollo de productos cárnicos funcionales. *Avances en Ciencias e Ingeniería*, 11 (19), 102-121. Recuperado de: DOI: <https://dx.doi.org/10.18272/aci.v11i3.1540>

Pool, Z., Rowland, I. y Roberfroid, M. (2002). Experimental evidences on the potential of prebiotic fructans to reduce the risk of colon cancer. *British J. Nut.* 87(S2), S273 – S281. DOI: 10.1079/BJN/2002548

Quitral, V., Torres, M., Velásquez, M. y Bobadilla, M. (2018). Artículo de revisión Efecto de inulina en la saciedad en humanos. *Perspectivas en Nutrición Humana*. 20(1). Recuperado de:
<https://doi.org/10.17533/udea.penh.v20n1a07>

Quitral, V., Torres, M., Velásquez, M. y Bobadilla, M. (2018). Efecto de inulina en la saciedad en humanos. *Perspectivas en Nutrición Humana*. 20(1):79-89. DOI: 10.17533/udea.penh.v20n1a07

- Ramírez, C. (2015). Tendencias de innovación en la ingeniería de alimentos. Primera edición, OmniaScience ediciones, Pp 139.
- Ramírez, C., Perez, A., Portando, C. (2006). Alimentos funcionales: prebióticos y probióticos, una nueva alternativa para la salud. *Revista Científica Ciencia Médica*, 9(1), pp. 49-52, Universidad Mayor de San Simón Cochabamba, Bolivia. Recuperado de:
<https://www.redalyc.org/pdf/4260/426041215022.pdf>
- Ramírez, M. (2015). Tendencias de innovación en la ingeniería de alimentos. Primera edición. OmniaScience. DOI: <http://dx.doi.org/10.3926/oms.295>.
- Ramírez, M. (2017). Propiedades funcionales de hoy. Primera edición. OmniaScience. DOI: <http://dx.doi.org/10.3926/oms.361>.
- Reza, M., Tavares, V., Martínez, J., Ramírez, P. y Martínez, F. (2016). Desarrollo, evaluación bromatológica y sensorial de un queso tipo chihuahua adicionado con inulina. *Investigación y Desarrollo en Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 1(2):469-473. Recuperado de:
<http://www.fcb.uanl.mx/IDCyTA/files/volume1/2/5/81.pdf>
- Rodríguez, A. y Ruiz, J. (2014). Elaboración de yogurt firme bajo en calorías con inulina y harina de guayaba (*Psidium guajava* L.) como saborizante. *Revista Facultad Agronómica, (LUZ)*, 31(1): 233-252. Recuperado de
<file:///E:/DATOS%20DE%20USUARIO/Downloads/27158-Texto%20del%20art%C3%ADculo-42017-1-10-20190821.pdf>
- Rodríguez, J. (2016). *Evaluación de inulina como reemplazante de grasa en tortas de bajo contenido calórico a través de la vida útil*. Tesis de grado, Universidad Nacional de Colombia, Colombia. Recuperado de:
https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/57928/TG_V_20_08_2016%20%20FINAL%20Nov%202016.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Rodríguez, J., Mejía, L. y Serna, L. (2019). Evaluación calórica y sensorial de una mezcla para helado formulado con inulina como sustituto parcial de grasa. *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica*. 22(2). DOI: 10.31910/rudca.v22.n2.2019.1294

- Rupérez, P. (2017). Prebióticos e inmunidad. Recuperado de:
<https://digital.csic.es/handle/10261/172222>
- Schmidt, T. (2021). Las tendencias que están cambiando al segmento de alimentos y bebidas en 2021. *Revista online Thefoodtech*. Recuperado de:
<https://thefoodtech.com/columnistas/las-tendencias-que-estan-cambiando-al-segmento-de-alimentos-y-bebidas-en-2021/>
- Silva, S., Flores, C., Salgado, I. y Flores, L. (2020). Biotechnological Application in Obtaining a Simbiotic Encapsulated by Different Levels of (*Lactobacillus Casei*) and Inuline. *VI Congreso Internacional De La Ciencia, Tecnología, Emprendimiento E Innovación 2019, KnE Engineering: 232-246*. DOI 10.18502/keg.v5i2.6239
- Vásquez, M., Rodríguez, J., Boris, Lira., Cueva. S., Ayón, M. Y Mallma, Y. (2012). Ph of the luminal surface of the gastrointestinal mucosa of baby alpacas during the first weeks of age. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*. 23(1). Recuperado de:
http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1609-91172012000100003
- Villegas, V. (2008). Efecto de la adición de inulina en las características físicas y sensoriales de batidos lácteos. Tesis Doctoral, Universidad Politécnica de Valencia. Valencia. Recuperado de:
https://digital.csic.es/bitstream/10261/6215/1/BVillegas_Tesis.pdf
- Zuñiga, G. (2017). Desarrollo de un helado funcional con adición de prebióticos y bacterias probióticas. Tesis de grado. Universidad del Azuay. Ecuador. Recuperado de:
<http://dspace.uazuay.edu.ec/bitstream/datos/6736/1/12732.pdf>