

Revisión: Inulina en Algunos Derivados Cárnicos

Inulina in Meat Foods: A Review

Segundo Álvaro Muñoz Ohmen¹; Diego Alonso Restrepo Molina² y José Uriel Sepúlveda Valencia³

Resumen. Se presenta una revisión bibliográfica sobre las características físicas y químicas de la inulina, su capacidad para la formación de gel y el uso en algunos derivados cárnicos. La inulina ha sido objeto de investigaciones en la ciencia y tecnología de cárnicos, como componente para reemplazar parte de la grasa, también para lograr reducir los valores de densidad energética y como mejorador de las propiedades texturales en derivados cárnicos como salchichas y mortadelas. Su uso en este tipo de derivados ha logrado generar efectos positivos en las propiedades sensoriales, pero también puede causar reducción de la intensidad de algunas de ellas. De acuerdo con el estado del arte, no ha sido estudiada la incorporación de inulina en derivados cárnicos no emulsionados, por lo cual sería interesante realizar investigaciones sobre la inclusión de inulina en derivados cárnicos de músculo entero de res, cerdo o pollo.

Palabras clave: Achicoria, fructooligosacáridos, alimentos funcionales, procesamiento de carnes.

Abstract. This document presents a literature review on the physical and chemical characteristics of inulin and its ability to gel formation, as well as the use in some meat products. Inulin has been investigated in meat science and technology as a component to replace some of the fat; also to reduce the energy density values, and as textural properties improver in meat products, such as sausage cold cuts. Its use in this type of derivatives has generated positive effects on the sensory properties, but can also lead to reduction in the intensity of some of them. According to the bibliography has not been studied the incorporation of inulin in other meat products, so it would be interesting to conduct more research on the inclusion of inulin in whole muscles of meat, pork or poultry.

Key words: Achicoria, fructooligosaccharides, functional foods, meat processing.

La inulina es un fructano con grado de polimerización (GP) 2-60 o más, es decir que las unidades monoméricas pueden estar repetidas de dos hasta 60 veces formando la molécula. El término fructanos generalmente es usado para cualquier carbohidrato en el cual los enlaces fructosil-fructosa constituyen la mayoría de los enlaces glicosídicos (Roberfroid, 2000). Existen varios tipos de inulina en la naturaleza y ellos difieren en el grado de polimerización y peso molecular, la fuente, el tiempo de cosecha y las condiciones de procesamiento (Chiavaro *et al.*, 2007). Su origen puede ser vegetal o microbiano y dependiendo de ello podrían ser estructuras lineales, ramificadas o cíclicas. Entre las especies vegetales que producen fructanos están las del grupo Liliaceae, ajo (*Allium sativum*), cebolla (*Allium cepa*), espárrago (*Asparagus officinalis*), ajoporro (*Allium porrum*) y achicoria (*Cichorium intybus*), patata o tupinambo (*Helianthus tuberosus*) y yacon (*Smallantus sonchifolius*).

También ha sido estudiada la inulina extraída de desechos de artichoke (*Cynara cardunculus* var. *Scolymus*). López *et al.* (2005) prepararon inulina de alto peso molecular de desechos agroindustriales de dicha planta y realizaron el análisis físico-químico de la inulina de artichoke. El grado de polimerización promedio fue de 46, el cual fue mayor que el de Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus*), achicoria (*Cichorium intybus*) y dahlia (*Dahlia* spp.). El principal monosacárido constituyente de la inulina en artichoke es la fructosa y su degradación, por acción de la inulinasa, indicó que esta tenía enlaces β -2,1-fructano (Judprasong *et al.*, 2011). El grado de polimerización estándar de la inulina de achicoria, achicoria de alto rendimiento y de la inulina artichoke fue 12, 25 y 46, respectivamente.

Comercialmente existen varios tipos de inulina, pero la más utilizada es la inulina extraída de las raíces de la achicoria. La achicoria está distribuida en muchos

¹ Ingeniero Agroindustrial. Universidad Nacional de Colombia - Sede Medellín - Facultad de Ciencias Agrarias. A.A. 1779. Medellín, Colombia. <samunozo@unal.edu.co>

² Profesor Asociado. Universidad Nacional de Colombia - Sede Medellín - Facultad de Ciencias Agrarias. A.A. 1779. Medellín, Colombia. <dareste@unal.edu.co>

³ Profesor Asociado. Universidad Nacional de Colombia - Sede Medellín - Facultad de Ciencias Agrarias. A.A. 1779. Medellín, Colombia. <jusepul@unal.edu.co>

Recibido: Agosto 19 de 2011; aceptado: Febrero 20 de 2012.

países y generalmente para su producción requiere climas húmedos y calientes (Bais y Ravishankar, 2001). Este fructooligosacárido posee las características de la fibra dietaria (FD); la FD en general puede proporcionar una multitud de propiedades funcionales cuando es incorporada a sistemas alimenticios; ello es un índice del interés que existe por mejorar la nutrición y la salud en el ámbito popular y comercial, lo cual incide en los estilos de vida (Ibáñez y González, 2010); por ejemplo, en Estados Unidos de América el mercado de alimentos funcionales fue valorado en más de 37 billones de dólares en 2009, representado cerca de 6% del total de alimentos y bebidas fabricadas (Reinhardt *et al.*, 2011). El objetivo de esta revisión es mostrar estudios sobre las características físicas y químicas de la inulina de la achicoria y algunos usos en derivados cárnicos.

Características físicas y químicas. En la inulina, las cadenas de fructosa tienen la particularidad de terminar en una unidad de glucosa unida por un enlace α -(1-2) (residuo -D-glucopiranosil) (Stephen *et al.*, 2006), como en la sacarosa (Figura 1A), pero también el monómero terminal de la cadena puede corresponder a un residuo de β -D-fructopiranosil, Figura 1B (Madrigal y Sangronis, 2007). La inulina, la oligofruktosa y los fructooligosacáridos (FOS) en general presentan una estructura polimérica y dispersa, predominantemente lineal. No es sólo una molécula, sino una mezcla de oligo-y/o polisacáridos lineales (Blecker *et al.*, 2002; Ronkart *et al.*, 2007). La oligofruktosa puede ser

originada de la hidrólisis enzimática de la inulina y de la acción enzimática de transfructosilación de la sacarosa por la enzima β -fructofuranosidasa para la obtención de los fructooligosacáridos. Los fructanos, por su configuración química no pueden ser hidrolizados por las enzimas digestivas del hombre, estos permanecen sin modificación durante el recorrido por el intestino delgado, pero pueden ser hidrolizados y fermentados en su totalidad en el intestino grueso (Flamm *et al.*, 2001; Slavin, 2003), este proceso se realiza anaeróticamente por la microflora, exhibiendo una función prebiótica ya que estimula el crecimiento de las bifidobacterias y por consiguiente, pueden ser empleados en formulaciones de alimentos funcionales (Roberfroid y Delzenne, 1998). Los fructanos hacen un bajo aporte calórico, 1,5 kcal/g (Roberfroid, 1999) si es comparado con los carbohidratos digeribles (4,0 kcal/g). La Asociación Americana de Químicos de Cereales AACC (2001), define la fibra dietaria como una parte comestible de las plantas o carbohidratos análogos que son resistentes a la digestión y absorción en el intestino delgado de los humanos con una completa o parcial fermentación en el intestino grueso. La fibra dietaria incluye polisacáridos, oligosacáridos, lignina y sustancias asociadas con plantas. La fibra dietaria promueve beneficios fisiológicos que incluyen laxación, y/o atenuación del colesterol y la glucosa en sangre. La fibra soluble es la fracción de la fibra dietaria soluble en agua, formada por parte de las hemicelulosas, pectinas o sustancias pécticas, gomas, mucílagos, polisacáridos de algas, oligosacáridos no digeribles y polisacáridos

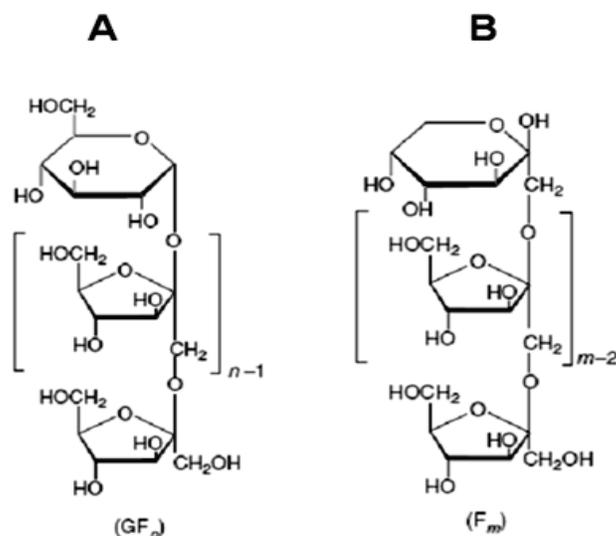


Figura 1. Estructura química de la inulina: con una molécula terminal de glucosa (β -D-glucopiranosil) (A) y con una molécula terminal de fructosa (β -D-fructopiranosil) (B) (Madrigal y Sangronis, 2007).

modificados. Otras definiciones la describen como la fracción que no puede disolverse en agua, está constituida principalmente por celulosa, gran parte de la hemicelulosa y lignina (Ministerio de Protección Social de Colombia, 2008; Silveira *et al.*, 2003). Las propiedades funcionales de las fibras de las plantas dependen de la relación fibra dietaria insoluble/fibra dietaria soluble, tamaño de partícula, condiciones de extracción y fuente de vegetal (Jaime *et al.*, 2002).

La inulina a la cual le han sido removidos los monómeros de pequeño peso molecular es llamada inulina de alto rendimiento. La oligofruktosa producida por hidrólisis parcial de la inulina está definida con $GP < 10$, debido a su bajo GP, la oligofruktosa tiene una solubilidad en agua mejor que la inulina (2-60 unidades) y posee funcionalidades similares al azúcar o jarabe de glucosa (Niness, 1999). De acuerdo con Kaur y Gupta (2002), la inulina de cadena larga es menos soluble que la oligofruktosa y tiene la capacidad de formar microcristales cuando es cizallada en agua o en leche.

Algunas de las características relevantes reportadas por Franck (2002), son: el GP promedio para la inulina, inulina de alto rendimiento (HP) y la oligofruktosa es 12, 25 y 4 respectivamente; el dulzor disminuye con la mayor longitud de la cadena, así el dulzor para inulina, inulina HP y oligofruktosa comparado con la sacarosa es 10%, 0% y 35% (Roberfroid y Slavin, 2000); la inulina solubilizada en agua no hidroliza en fructosa a 90 °C, la solubilidad en agua a 25 °C para inulina, inulina HP y oligofruktosa corresponden a 120, 25 y >750 g/L (Zimeri y Kokini, 2002); la viscosidad en agua (5% p/p sol. acuosa a 10 °C) es 1,6, 2,4 y <1,0, y el sinergismo: sucede con los dos primeros (inulina e inulina de alto rendimiento) con agentes gelificantes y la oligofruktosa con edulcorantes intensos.

Para la obtención de inulina en polvo, el proceso involucra extracción de la inulina de las raíces de la achicoria por difusión en agua caliente y después de varios pasos de purificación, un secado por atomización (Roberfroid, 2005). En el estado amorfo la estructura está cinéticamente en desequilibrio; los sólidos amorfos son formados por el enfriamiento rápido de un líquido fusionado a cierta temperatura, de tal manera las moléculas no tienen suficiente tiempo para el rearme y son congelados en su posición original (Liu *et al.*, 2006). El estado amorfo también puede ser alcanzado cuando la solución es rápidamente secada, usando técnicas como el secado por atomización (Ronkart *et al.*, 2007). La inulina amorfa almacenada

a una humedad relativa de 75% causa formación de cristales y fenómenos de apelmazamiento (Ronkart *et al.*, 2009) probablemente los mismos fenómenos pueden ser observados durante la adición de inulina al agua, la adición rápida de inulina amorfa en polvo al agua causa la formación de grumos, los cuales son muy duros y difíciles de disolver (Glibowski, 2009); la inulina de alto rendimiento es prácticamente insoluble a bajas temperaturas, aún a 50 °C la solubilidad es de 1,2% (Glibowski 2010). La inulina de 2-60 unidades de fructosa con una molécula de glucosa terminal es un polvo blanco inodoro, de fácil dispersión con un sabor neutro. La solubilidad de la inulina se incrementa con la temperatura, a condiciones ambientales las soluciones de inulina de hasta el 7,5% son completamente claras. A bajas concentraciones las mezclas de inulina-agua son viscosas (Devereux *et al.*, 2003).

El GP proporcionado por un polisacárido es dependiente de su composición química y concentración. La viscosidad de los polímeros en solución está directamente relacionada con las propiedades moleculares, fundamentalmente conformación molecular, peso molecular, interacciones intermoleculares e intramoleculares (Fissore *et al.*, 2009). La estructura química de la inulina puede ser determinada con técnicas cromatográficas tales como cromatografía de intercambio aniónica de alto rendimiento acoplada con detector de pulsos amperimétricos (HPAC-PAD), un sistema sensible y ampliamente utilizado para la separación y análisis de carbohidratos no derivatizados que pueden formar aniones en eluente de alto pH debido a la débil acidez de los compuestos (Chiavaro *et al.*, 2007). Un método para la determinación de inulina en derivados cárnicos es la cromatografía líquida de alta eficiencia con detección de índice refractivo, esta técnica incluye extracción de la inulina con agua caliente, seguido de hidrólisis con inulinasa (Vendrell *et al.*, 2000).

Capacidad de formación de gel. Las propiedades fisicoquímicas de la inulina como su capacidad de formar gel y temperatura de transición vítrea, entre otras, han sido estudiadas con el objetivo de tener información sobre el comportamiento reológico de ésta, cuando es adicionada a un sistema alimenticio. El gel de inulina es una red tridimensional de partículas submicrómicas insolubles con gran cantidad de agua inmovilizada la cual asegura la estabilidad física. Cuando las concentraciones exceden el 15%, la inulina tiene la capacidad de formar gel o crema; por

debajo de esta concentración se obtienen soluciones acuosas de baja viscosidad. La inulina tiene diferentes propiedades espesantes y estabilizantes, las moléculas de inulina de 2-60 unidades son mucho más pequeñas y la capacidad de enlazar agua es menor comparada con otros hidrocoloides. Este tipo de inulina forma partículas de gel mientras que el incremento de la viscosidad para muchos hidrocoloides es a través del débil o fuerte enlace entre cadenas (Phillips y Williams, 2000). La firmeza del gel incrementa con la concentración de inulina y la firmeza máxima puede lograrse por la utilización de una combinación de tratamientos de cizalla con la adición de semillas de cristales durante el enfriamiento (Kim *et al.*, 2001). Las investigaciones muestran que sólo las moléculas de mayor longitud ($GP > 10$) participan en la estructura del gel y las moléculas más pequeñas permanecen disueltas (Phillips y Williams, 2000). Chiavaro *et al.* (2007) estudiaron la capacidad de inulinas comerciales, principalmente sacáridos de cadena larga (SCL), en el rango de 20 a 40% p/p en solución con diferente composición (perfil oligo-polisacáridos) para formar gel a 25 y 50 °C; la inulina constituida principalmente por oligosacáridos, gelatiniza a concentraciones de 30 a 60% p/p y la inulina constituida por SCL gelatiniza en el rango de 20 a 40% p/p. Las propiedades de textura y las propiedades térmicas de los geles fueron evaluadas durante el almacenamiento a 4 °C. Los geles de inulina predominante de SCL (en fresco y durante el almacenamiento) han mostrado ser más duros, más adhesivos y con menor cohesividad que los geles de inulina constituidos principalmente por oligosacáridos a un 40% p/p. Los geles de inulina ricos en SCL, a una concentración del 40% p/p, han tenido una mayor cantidad de agua que la inulina conformada principalmente por oligosacáridos y de acuerdo con un termograma de escaneo diferencial calorimétrico (DSC), se ha indicado que el punto de congelación es más uniforme y puede ocurrir a temperaturas más elevadas en inulina de SCL que en geles de inulina conformados principalmente por oligosacáridos. Glibowski y Pikus (2011), al evaluar el efecto de la filtración y adición de semillas de cristales en la formación de geles de inulina, encontraron que soluciones con inulina sin filtrar o filtradas por membranas de tamaño de poro de 1 μm , permiten obtener estructuras de gel más estables que las que son filtradas por tamices hasta tamaño de poro de 0,45 μm ; también encontraron que el calentamiento por 5 min a 100 °C de soluciones al 20% de inulina causa la falta de estructura de gel o se forman sedimentos de inulina. Sin embargo, la adición de semillas de cristal, después del calentamiento y enfriadas posteriormente,

genera la formación de estructuras de gel estables. Lo anterior permite tener un panorama de aplicación de la inulina dependiendo de las necesidades tecnológicas para afectar las características o propiedades de un derivado cárnico sea o no emulsionado.

El perfil del punto de congelación parece no ser significativamente afectado por las temperaturas de gelificación y por el tiempo de almacenamiento. La inulina rica en oligosacáridos (IO) forma geles más estables que la inulina de SCL durante el almacenamiento. Tseng *et al.* (2008) investigaron la influencia de la inulina/oligofruktosa en la estabilidad térmica y propiedades de gelación de las proteínas de soya en soluciones acuosas. Mediante el análisis DSC, observaron que la dispersión de soya nativa (5% p/v, pH 7) exhibió dos picos endotérmicos con temperaturas de desnaturalización (T_m) en 76,9 y 91,5 °C, cuyas transiciones fueron atribuidas a la desnaturalización de las proteínas de soya 7S y 11S, respectivamente. Todos los co-solutos en una misma concentración (10% p/p) incrementaron la T_m de las globulinas de soya, indicando que los carbohidratos de este estudio estabilizaban las proteínas de soya de manera similar. La dispersión de soya que contenía 10% p/p de inulina de alto rendimiento mostró un incremento de 1,9 y 2,4 °C en la T_m de las proteínas de soya 7S y 11S, respectivamente. Los geles que contenían 8% p/v de inulina de cadena larga tuvieron 44% y 52,2% de mejoras en G' (módulo elástico) y G'' (módulo de pérdidas), respectivamente, al final de 85 °C, con relación al control (solución libre de co-solutos). Chiavaro *et al.*, 2007 indican que con soluciones al 40% p/p de inulina, los geles de inulina de SCL retuvieron una significativa mayor cantidad de agua que la IO, y un análisis de termograma DSC indicó que el punto de congelación ocurrió a mayores temperaturas en inulina rica en SCL que en geles de IO. La cohesividad (CO) de las muestras no es dependiente de la concentración de inulina para la IO y la inulina SCL. Zimeri y Kokini (2002) y Kawai *et al.* (2011) pudieron observar que la temperatura de transición vítrea (T_g) disminuía con el incremento del contenido de humedad de la inulina en polvo previamente solubilizada y secada, logrando visualizar el efecto plastificador del agua debido a la reducción de fuerzas inter e intramolecular que genera.

Inulina en algunos derivados cárnicos. Algunos trabajos relacionados con la incorporación de inulina en derivados cárnicos permiten observar el interés por reducir los valores calóricos de estos, en especial de grasa, y también para evaluar el efecto en su reología,

entendiendo el excesivo consumo de grasa actual relacionado con problemas de tipo cardiovascular y de sobrepeso de la población mundial. Según Vandendriessche (2008), las tendencias de consumo están enmarcadas a tres períodos: periodo de calidad, calidad-seguridad y calidad-seguridad-nutrición y salud. De acuerdo con ello, el consumo de productos está ligado al beneficio a la salud ya sea por su efecto para prevenir enfermedades o para mejorar una condición de salud, dando lugar a los denominados alimentos funcionales. La FD es considerada un prebiótico, los cuales son ingredientes no digeribles de la dieta que estimulan el crecimiento o la actividad de uno o más tipos de bacterias en el colon (Stanton *et al.*, 2005). La inclusión de FD en alimentos puede generar una variedad de resultados en las características reológicas y sensoriales, por ejemplo: reducción de los niveles de grasa y aporte calórico en productos como mortadelas, hamburguesas y salchichas (García *et al.*, 2006; Cardoso *et al.*, 2008; Piñero *et al.*, 2008), de tal manera, alimentos cárnicos con FD o inulina son una opción de elección para las personas con necesidad de reducir su ingesta calórica, incluso ha sido mencionado que la FD puede reducir los niveles de nitritos residuales y favorecer el crecimiento de micrococos (Fernández *et al.*, 2008). Ha sido posible incorporar FD de cereales y frutas, trigo, cítricos, zanahoria, avena, durazno y manzana en derivados cárnicos (García *et al.*, 2006; Fernández *et al.*, 2008; Sadettin *et al.*, 2005; Eim *et al.*, 2008; Piñero *et al.*, 2008; Cengiz y Gokoglu, 2005), esto abre expectativas de aprovechamiento y uso de FD consideradas residuos o desechos en procesos de industrias alimenticias.

La inulina es un ingrediente natural que puede ser utilizado para mimetizar la grasa en derivados cárnicos por las propiedades tecnológicas anteriormente mencionadas, como la formación de gel cuando es combinada con agua, gel cremoso debido a la inmovilización de agua por las partículas de gel (Jánváry 2007). Debido a sus propiedades para enlazar agua y grasa, la FD también ha sido incorporada con el objeto de incrementar el rendimiento de cocción (Cofrades *et al.*, 2000). Mendoza *et al.* (2001) prepararon salchichas adicionadas con inulina con contenidos de grasa próximos al 50 y 25% de los tradicionales, así, de acuerdo con los autores, la adición de inulina ofrece un producto bajo en calorías (30% del original) enriquecido con FD (10% aproximadamente). Nowak *et al.*, (2007) reemplazaron la grasa por inulina en

forma de gel congelado (3, 6, 9 y 12%) en salchichas tipo Bologna reduciendo el contenido de grasa hasta un 47,5%. Los valores de energía para una salchicha típica estuvieron alrededor de 261 kcal/100 g y para una salchicha con 3 y 12% fue de 237 y 137 kcal/g, respectivamente. Archer *et al.* (2004) reemplazaron la grasa en salchichas con inulina, reduciendo el porcentaje de grasa hasta un 37% y con 17% menor densidad energética que la original. Makala (2003) evaluó el efecto de la substitución de grasa de cerdo por inulina (5 y 10%) en derivados cárnicos, reduciendo los niveles de grasa de 26,2%, en el control, a 21,2 – 22,2% en los otros productos, de igual manera los valores de energía disminuyeron a valores entre 14-17% en comparación al control. Beriain *et al.* (2011) elaboraron salchichas enriquecidas con inulina a la que también le fue adicionado aceite de oliva y alginato emulsificado; encontraron que las formulaciones con inulina (3, 6 y 10%) tuvieron 10% menor contenido de grasa que las salchichas típicas. Vásquez *et al.* (2010) prepararon salchichas tipo Viena reemplazando parte de la grasa con inulina, 15 y 30%, logrando reducir los niveles de grasa hasta un 15 y 18,5%, respectivamente. Yilmaz y Gecgel (2009) incluyeron inulina en albóndigas en porcentajes de 0, 5, 10, 15 y 20%, los resultados mostraron menores contenidos de grasa total y ácidos grasos *trans* que el control a medida que incrementaban los valores de concentración del fructooligosacárido. Sin embargo, son pocas las investigaciones disponibles sobre el efecto de la inulina en derivados cárnicos (Zhang *et al.*, 2010; Weiss *et al.*, 2010); así pues, sería interesante realizar estudios sobre el efecto de la inclusión de inulina en derivados cárnicos diferentes a salchichas y mortadelas.

Efectos en la textura. Los investigadores apuntan a la formulación de derivados cárnicos con FD que posean características similares a los productos alimenticios tradicionales en cuanto a sabor y textura, pero también aquellos con menor aporte calórico y buscando destacar en particular, que propenda por un beneficio a la salud y de alguna manera un interés en el aprovechamiento de FD residuales de procesos de las industrias de alimentos. La FD ha logrado efectos importantes en la dureza y textura en salchichas (Eim *et al.*, 2008); en el estudio realizado por García *et al.* (2006), los análisis texturales indicaron que la inulina en polvo puede incrementar la dureza y este hecho es más evidente en salchichas bajas en grasa en las cuales este cambio sucede aún a concentraciones

de 2,5%. La presencia de fructooligosacáridos de cadena corta reduce la dureza haciendo que las salchichas sean más fáciles para masticar (Salazar *et al.*, 2009). Vásquez-Villalobos *et al.* (2010) estudiaron el efecto de la incorporación de inulina y oligofruktosa a salchichas tipo Viena, encontrando que el esfuerzo al corte no fue afectado por ninguna de los dos tipos de fibra. Observaron que cuando se incrementaba la concentración de inulina los valores de fuerza máxima tiende a disminuir, y lo contrario para la oligofruktosa. Concluyeron que para alcanzar valores similares en cuanto a fuerza máxima respecto al control, las adiciones de inulina y oligofruktosa son 15 y 30%, respectivamente. Nowak *et al.* (2007) incorporaron inulina, citrato y fosfatos a salchichas tipo Bologna las cuales fueron almacenadas durante 23 días a 7 °C, hallaron que la fracturabilidad fue menor en todas las salchichas elaboradas con inulina y citrato durante todo el tiempo de almacenamiento y no hubo diferencias significativas entre las salchichas control y las que contenían fosfatos. La dureza fue mayor para las que contenían inulina que para el control y en el día 23 los lotes que tenían inulina al 6, 9 y 12 % mostraron un incremento en la dureza respecto al control. Los mismos autores establecieron que en la preparación de salchichas la incorporación de altas cantidades de inulina mayores al 6% tiene una mayor influencia en las propiedades sensoriales de estos productos. En el estudio de Makala (2003), la preparación de inulina con aceite vegetal o grasa animal, no tuvo ningún efecto significativo en la cohesividad, dureza o en la gomosidad de los derivados cárnicos. La elasticidad más alta fue encontrada para el control mientras que la inulina causó un efecto de atenuación en este parámetro. La inulina generó una estructura delicada, lo que es reflejado en las características de textura, siendo menos duras y masticables cuando fueron comparadas con el control. Beriain *et al.* (2011) observaron que la inulina incorporada en un 6% mostró un bajo valor de dureza comparado con los productos de diferente formulación y los valores más bajos en cohesividad fueron para productos que contenían aceite de oliva y 10% de inulina; así los chorizos con aceite de oliva emulsificados con 3 y 10% de inulina fueron más duros que el control; Yilmaz y Gecgel (2009) determinaron que las albóndigas adicionadas con 10, 15 y 20% de inulina fueron más duras que el control. Evageliou *et al.* (2010) investigaron el efecto de la inulina (10 y 15% p/p) en la textura de geles *gellan* a los cuales también les fue adicionada cloruro de potasio

(KCl) a diferentes concentraciones (40-100 mM), y concluyeron que para incrementos de concentración de inulina (manteniendo igual la de sal) la fuerza del gel incrementa hasta la concentración de 80 mM de KCl cuando alcanza su máximo, para mayores concentraciones de sal este parámetro disminuye; de acuerdo con el estudio parece más importante el efecto del KCl que el de la inulina, pues los geles están formados en presencia de cationes lo cual corresponde principalmente a esta sal.

Efectos sensoriales. La inulina es neutra en *flavour* y no afecta las propiedades sensoriales (Jánváry 2007), pero en general la adición de concentraciones por encima del 3% de inulina en las formulaciones de derivados cárnicos estudiadas ha sido calificada con una menor valoración para las comparaciones realizadas con derivados tradicionales y/o control; por lo tanto, sería muy importante realizar estudios de derivados con inulina para aprovechar sus propiedades pero adicionando sustancias para mejorar el *flavour*. Yilmaz y Gecgel (2009) pudieron mostrar que la adición de inulina a 10, 15 y 20% p/p en albóndigas, hizo que fueran menos aceptables debido a menor jugosidad e intensidad del *flavour*; las albóndigas mejor aceptadas fueron aquellas que contenían inulina en un 5% p/p, por ello recomendaron la adición de este porcentaje a la carne molida para su preparación. Los análisis sensoriales y de perfil de textura realizados en salchichas con inulina preparadas por Mendoza *et al.*, (2001) indicaron un mejoramiento en las propiedades sensoriales debido a la similitud en la textura, ternura, adhesividad y elasticidad entre salchichas con FD y las salchichas convencionales de alto contenido en grasa. En la preparación de salchichas, de acuerdo con los estudios de Archer *et al.*, (2004), la aceptabilidad general de estas con inulina fueron menos valoradas que el control que contenía mayores concentraciones de grasa; los participantes en sus comentarios notaron la insipidez en todas las salchichas, aunque menor para el control, y con respecto a la sequedad estos fueron más frecuentes para las que contenían inulina. Nowak *et al.* (2007) pudieron observar que la adición de más de 3% de inulina a las salchichas tipo Bologna generaban una tendencia a ser menos valoradas que el control indiferente si fueran adicionadas con fosfato o citrato e indicaron que es posible lograr incluir hasta 6% de inulina a salchichas con citrato en la fórmula para poder alcanzar una significativa reducción en el contenido energético (22%), sin causar efectos negativos en la calidad sensorial. En el estudio de Makala (2003), el nivel de inulina empleado en los

derivados cárnicos no causó efectos significativos en la variable de aceptabilidad. La aceptabilidad del sabor fue menor para derivados con 5 y 10% de inulina sin aceite de oliva. Las salchichas elaboradas por Beriain *et al.* (2011), con 6 y 10% de inulina tuvieron menores puntajes en la evaluación sensorial debido a la granulosis e indicaron que pudo ser provocada por su adición y de acuerdo con el panel sensorial, la adición del 10% de inulina generó las salchichas más duras. El análisis sensorial de mortadelas en el estudio realizado por García *et al.*, (2006), fue altamente favorable y la aceptabilidad total fue buena en todos los lotes a pesar de los cambios observados en la textura. Este producto, de acuerdo con los investigadores, puede ser enriquecido con inulina a un nivel máximo de 7,5% y preferible como gel con una buena calidad sensorial.

CONCLUSIONES

La inulina puede estar contenida en forma de reserva en muchos vegetales, aunque puede tener origen microbiano. Existen tres tipos de inulina destacadas: inulina, inulina de alto rendimiento (HP) y oligofructosa, sus características varían de acuerdo a la fuente y al grado de polimerización promedio. Debido a su configuración química no puede ser hidrolizada por las enzimas digestivas del hombre, pero si hidrolizada y fermentada en el intestino grueso. La inulina no es sólo una molécula, sino una mezcla de oligo y/o polisacáridos lineales que posee características de fibra dietaria y hace un aporte bajo de calorías; es neutra en *flavour* y no hace un aporte al sabor. Generalmente es extraída por difusión en agua caliente y secada por atomización, generando inulina en estado amorfo. La inulina amorfa almacenada a una humedad relativa de 75% causa la formación de cristales y fenómenos de apelmazamiento. La inulina mezclada con agua puede formar un gel y su firmeza incrementa con la concentración de la misma. Las partículas de mayor longitud participan en la estructura del gel y las pequeñas permanecen disueltas. La inulina es utilizada para mejorar el rendimiento de cocción, la capacidad de enlazar agua y grasa, como sustituto de grasa y para causar efecto en la dureza, cohesividad y la elasticidad. La inulina podría tener un campo amplio de aplicación en la ciencia y tecnología de carnes, ya que puede satisfacer las necesidades de la industria con relación a la formulación de productos más saludables y también sobre los consumidores por su efecto en la textura, características reológicas, sensoriales y menores valores calóricos en los derivados cárnicos.

BIBLIOGRAFÍA

- American Association of Cereal Chemists (AACC). 2001. The definition of dietary fiber. Report of the Dietary Fiber Definition Committee of the Board of Directors of the American Association of Cereal Chemists. *Cereal Foods World* 46: 112-126.
- Archer, B., S. Jhonson, H. Devereux and A. Baxter. 2004. Effect of fat replacement by inulin or lupin-kernel fibre on sausage patty acceptability, post-meal perceptions of satiety and food intake in ment. *British Journal of Nutrition* 91(4): 591-599.
- Bais, H. and G. Ravishankar. 2001. *Chicorium intybus* L-cultivation processing, utility, value addition an biotechnology, with an emphasis on current status and future prospects. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 81(5): 467-484.
- Beriain, M., I. Gómez, E. Petri, K. Insausti and M. Sarriés. 2011. The effects of olive oil emulsified alginate on the physicochemical, sensory, microbial, and fatty acid profiles of low-salt, inulin-enriched sausages. *Meat Science* 88(1): 189-197.
- Blecker, C., C. Fougnes, J. Van Herck, J. Chevalier and M. Paquot. 2002. Kinetic study of the acid hydrolysis of various oligofructose samples. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 50(6): 1602-1607.
- Cardoso, C., R. Medes and M. Nunes. 2008. Development of a healthy low-fat fish sausage containing dietary fibre. *International Journal Food Science and Tecnology* 43: 276-283.
- Cengiz, E. and N. Gokoglu. 2005. Changes in energy and colesterol contents of frankfurter-type sausages with fat reduction and fat replacer addition. *Food Chemistry* 91(3): 443-447.
- Cofrades, S., M. Guerra, J. Carballo, F. Fernández and F. Jiménez. 2000. Plasma protein and soy fiber content effect on bologna sausage properties as influenced by fat level. *Journal of Food Science* 65(2): 281-287.
- Chiavaro, E., E. Vittadini and C. Corradini. 2007. Physicochemical characterization and stability of inulin gels. *Europe Food Research Technology* 225: 85-94.
- Devereux, H., G. Jones, I. McCormack and W. Hunter. 2003. Consumer acceptability of low fat foods

- containing inulin and oligofructose. *Journal of Food Science* 68(5): 1850-1854.
- Eim, V., S. Simal, C. Rosselló and A. Femenia. 2008. Effects of addition of carrot dietary fibre on the ripening process of a dry fermented sausage (sobrassada). *Meat Science* 80(2): 173-182.
- Fernández, J., E. Sendra, C. Navarro, J. Pérez and E. Sayas. 2008. Physico-chemical and microbiological profiles of "salchichón" (Spanish dry-fermented sausage) enriched with orange fiber. *Meat Science* 80(2): 410-417.
- Fissore, E., L. Markovic, E. Wider, A. Rojas and L. Gerschenson. 2009. Rheological properties of pectin-enriched products isolated from butternut (*Cucurbita moschata* Duch ex Poiret). *LWT-food Science and Technology* 42(8): 1413-1421.
- Flamm, G., W. Glinsmann, D. Kritchevsky, L. Prosky and M. Roberfroid. 2001. Inulin and oligofructose as dietary fiber, a review of the evidence. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 41(5): 353-362.
- Franck, A. 2002. Technological functionality of inulin and oligofructose. *British Journal Nutrition* 87 Suppl. 2: S287-S291.
- García, M., E. Cáceres and M. Selgas. 2006. Effect of inulin on the textural and sensory properties of mortadella, a Spanish cooked meat product. *International Journal of Food Science and Technology* 41(10): 1207-1215.
- Glibowski, P. 2009. Rheological properties and structure of inulin-whey protein gels. *International Dairy journal* 19(8): 443-449.
- Glibowski, P. 2010. Effect of thermal and mechanical factors on rheological properties of high performance inulin gels and spreads. *Journal of Food Engineering* 99(1): 106-113.
- Glibowski, P. and S. Pikus. 2011. Amorphous and crystal inulin behavior in a water environment. *Carbohydrate Polymers* 83(2): 635-639.
- Ibáñez, R. y M. González. 2010. Una alimentación de cuidado: La biomedicalización y la persistencia de la performatividad de género en la comercialización de los alimentos funcionales. *Cuadernos Koré* 1(3): 71-82.
- Jaime, L., E. Mollá, A. Fernández, M. Martín, F. López and R. Esteban. 2002. Structural carbohydrates differences and potential source of dietary fiber on onion (*Allium cepa* L.) tissue. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 50(1): 122-128.
- Jánváry, L. 2007. Inulin, a soluble fibre as fat substitute in meat products. *Wellness Foods Europe* 2: 26-28.
- Judprasong, K., S. Tanjor, P. Puwastien and P. Sungpuag. 2011. Investigation of thai plants for potential sources of inulin-type fructans. *Journal of Food Composition and Analysis* 24(4-5): 642-649.
- Kaur, N. and A. Gupta. 2002. Applications of inulin and oligofructose in health and nutrition. *Journal of Bioscience* 27(7): 703-714.
- Kawai, K., K. Fukami, P. Thanatuksorn, C. Viriyarattanasak and K. Kajiwara. 2011. Effect of moisture content, molecular weight, and crystallinity on the glass transition temperature of inulin. *Carbohydrate Polymers* 83(2): 934-939.
- Kim, Y., M. Faqih and S. Wang. 2001. Factors affecting gel formation of inulin. *Carbohydrates Polymers* 46(2): 135-145.
- Liu, Y., B. Bhandari and W. Zhou. 2006. Glass transition and enthalpy relaxation of amorphous food saccharides: A review. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 54(16): 5701-5717.
- López, D., M. Navarro, F. Rojas, A. Hiner, S. Chazarra and J. Rodríguez. 2005. Molecular properties and prebiotic effect of inulin obtained from artichoke (*Cynara scolymus* L.). *Phytochemistry* 66(12): 1476-1484.
- Madrigal, L. y E. Sangronis. 2007. La inulina y derivados como ingredientes claves en alimentos funcionales. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición* 57(4): 387-396.
- Makala, H. 2003. Role of inulin in thaping the quality of meat products. *Acta Agrophysica* 2(2): 347-355.
- Mendoza, E., M. García, C. Casas and M. Selgas. 2001. Inulin as fat substitute in low fat, dry fermented sausages. *Meat Science* 57(4): 387-393.

- Ministerio de la Protección Social. Resolución número 288 del 31 de enero de 2008. Por la cual se establece el reglamento técnico sobre requisitos de rotulado o etiquetado nutricional que deben cumplir los alimentos envasados para consumo humano. El Ministerio, Bogotá, Colombia. 54 p.
- Niness, K. 1999. Inulin and oligofructose: what are they?. *Journal Nutrition* 129: 1402-1406.
- Nowak, B., T. Von-Mueffling, J. Grotheer, G. Kein and B. Watkinson. 2007. Energy content, sensory properties and microbiological shelf life of German Bologna-Type sausage produced with citrate of phosphate and with inulin as fat replacer. *Journal of Science* 72(9): 629-638.
- Phillips, G. and P. Williams. 2000. Chapter 20: Gums for coatings and adhesives. pp. 397-403. In: *Handbook of Hydrocolloids*. First edition. Woodhead Publishing Limited, Sawston, UK. 450 p.
- Piñero, M., K. Parra, N. Huerta, L. Arenas, M. Ferrer, S. Araujo and Y. Barboza. 2008. Effect of oat's soluble fibre (β -glucan) as fat replacer on physical, chemical, microbiological and sensory properties of low-fat beef patties. *Meat Science* 80(3): 675-680.
- Reinhardt-Kapsa, W., E. Rahavi, N. Child and C. Whit. 2011. Functional foods: consumer attitudes, perceptions, and behaviors in a growing market. *American Dietetic Association* 111(6): 804-810.
- Roberfroid, M. and N. Delzenne. 1998. Dietary fructans. *Annual Review of Nutrition* 18(1): 117-143.
- Roberfroid M. 1999. Caloric value of inulin and oligofructose. *Journal Nutrition* 129(7): 1436-1437.
- Roberfroid, M. 2000. Chicory fructooligosaccharides and the gastrointestinal tract. *Nutrition* 16(7-8): 677-679.
- Roberfroid, M. and J. Slavin. 2000. Nondigestibles oligosaccharides. *Critical Reviews Food Science Nutritional* 40: 461-480.
- Roberfroid, M.B. 2005. Introducing inulin-type fructans. *The British Journal of Nutrition* 93 (1): S13-S25.
- Ronkart, S., C. Deroanne, M. Paquot, C. Fougnyes, J. Lambrechts and C. Blecker. 2007. Characterization of the physical state of spray-dried inulin. *Food Biophysics* 2(2-3): 83-92.
- Ronkart, S., M. Paquot, C. Blecker, C. Fougnyes, L. Doran, J. Lambrechts, B. Norberg and C. Deroanne. 2009. Impact of the crystallinity on the physical properties of inulin during water sorption. *Food Biophysics* 4(1): 49-58.
- Sadettin, T., S. Inci and S. Ustun. 2005. Utilization of hazelnut pellicle in low fat beef burgers. *Meat Science* 71(2): 312-316.
- Salazar, P., M. García and M. Selgas. 2009. Short-chain fructooligosaccharides as potential functional ingredient in dry ferment sausages with different fat levels. *International Journal of Food Science and Technology* 44(6): 1100-1107.
- Silveira, M., S. Monereo y B. Molina. 2003. Alimentos funcionales y nutrición optima. ¿cerca o lejos? *Revista Española de Salud Pública* 77(3): 317-331.
- Slavin J. 2003. Impact of the proposed definition of dietary fiber on nutrient data bases. *Journal Food Composition Analysis* 16(3): 287-291.
- Stanton, C., R. Ross, G. Fitzgerald and D. Van Sinderen. 2005. Fermented functional foods based on probiotics and their biogenic metabolites. *Current Opinion in Biotechnology* 16(2): 198-203.
- Stephen, A., G Phillips and P. Williams. 2006. *Food Polysaccharides and their applications*. Second edition. CRC Taylor and Francis, New York. 733 p.
- Tseng, Y., Y. Xiong, and W. Boatright. 2008. Effects of inulin/oligofructose on the thermal stability and acid-induced gelation of soy proteins. *Journal of Food Science* 73(2): 44-50.
- Vandendriessche, F. 2008. Meat products in the past, today and in the future. *Meat Science* 78(1-2): 104-113.
- Vásquez, C., S. Soto y L. Villalobos. 2010. Efecto de la fibra dietética sobre la textura de salchichas tipo Viena. *Necameh* 4(2): 37-43.
- Vendrell, S., A. Castellote and M. López. 2000. Determination of inulin in meat products by high-performance liquid chromatography with refractive index detection. *Journal of Chromatography A* 881: 591-597.

Weiss, J., M. Gibis, V. Schuh and H. Salminen. 2010. Advances in ingredient and processing systems for meat and meat products. *Meat Science* 86(1): 196-213.

Yilmaz, I. and U. Gecgel. 2009. Effect of inulin on physico-chemical and sensory characteristics of meatballs. *Journal of Food Science Technology* 46(5): 473-476.

Zimeri, J. and J. Kokini. 2002. The effect of moisture content on the crystallinity and glass transition temperature of inulin. *Carbohydrate Polymers* 48(3): 299-304.

Zhang, W., S. Xiao, H. Samaraweera, E. Lee and D. Ahn. 2010. Improving functional value of meat products. *Meat Science* 86(1): 15-31.