

Artículo de Revisión

La fibra dietética como ingrediente funcional en la formulación de productos cárnicos

Dietary fiber as functional ingredient in the formulation of meat products

Jocelyn Abigail Rivera De Alba¹, Emmanuel Flores Girón^{2*}

¹Unidad Profesional Interdisciplinaria de Biotecnología, Instituto Politécnico Nacional, Av. Acueducto s/n, Col. La Laguna Ticomán, 07340, G.A.M. Ciudad de México, México.

²Universidad Autónoma Chapingo, Departamento de Ingeniería Agroindustrial, Carr. Federal México- Texcoco km 38.5, 56230, Texcoco, Estado de México, México.

*Correspondencia: efloresg@chapingo.mx (Emmanuel Flores Girón)

DOI: <https://doi.org/10.54167/tecnociencia.v16i1.892>

Recibido: 09 de diciembre de 2021; Aceptado: 22 de febrero de 2022

Publicado por la Universidad Autónoma de Chihuahua, a través de la Dirección de Investigación y Posgrado.

Resumen

Las características de los alimentos pueden modificarse mediante la incorporación de componentes que muestran propiedades funcionales, como la capacidad de retención de agua y la formación de geles, que no sólo afectan el comportamiento del alimento durante su procesamiento, sino también su calidad y características finales. En los últimos años, se han buscado ingredientes alternativos que puedan incorporarse a los alimentos cuyo consumo elevado suele asociarse al desarrollo de enfermedades como la obesidad, por su alto contenido de grasas y sodio en los productos cárnicos o azúcares añadidos en otros alimentos, buscando mejorar su calidad nutricional sin alterar los atributos sensoriales a los que el consumidor está acostumbrado. Entre estos ingredientes se ha encontrado que diversas fibras dietéticas poseen propiedades funcionales y nutricionales interesantes. La inclusión de fibras como la cáscara de soya, cítricos, avena y fructooligosacáridos, en productos alimenticios como salchichas, hamburguesas y nuggets ha mostrado resultados favorables a nivel tecnológico, nutricional y sensorial, señalando un potencial importante en el desarrollo de alimentos funcionales. Por ello, la presente revisión pretende mostrar los cambios fisicoquímicos, de textura y sensoriales observados en diferentes productos cárnicos adicionadas con fuentes de fibras dietéticas.

Palabras clave: fibra dietética, productos cárnicos, propiedades funcionales, parámetros fisicoquímicos.

Abstract

Food attributes can be modified by incorporating components that show functional properties such as water holding capacity and gel formation etc., which not only affect the behavior of food during processing, but also its quality and final characteristics. In recent years, alternative ingredients have also been sought that can be incorporated into foods whose high consumption is usually associated with the development of diseases such as obesity, due to its high fat and sodium content in meat products, or added sugars in other foods, seeking to improve its nutritional quality without altering the sensory attributes to which the consumer is accustomed. Among these ingredients, it has been found that many dietary fibers have interesting functional and nutritional properties. The addition of different types of fibers such as soy peels, citrus, oats and fructooligosaccharides, in food products such as sausages, burgers and nuggets has shown favorable results at the technological, nutritional and sensory levels, pointing to an important potential in the development of functional foods. Therefore, this review aims to show the physicochemical, texture and sensory changes observed in different meat products added with dietary fiber sources.

Keywords: dietary fiber, meat products, functional properties, physicochemical parameters.

1. Introducción

La fibra dietética es definida como aquella porción de los alimentos derivada de las paredes celulares de las plantas, que es pobremente digerida por las enzimas endógenas del intestino delgado de los humanos (Yangilar, 2013). Esta porción está constituida por una mezcla de polímeros de carbohidratos, tanto oligosacáridos como polisacáridos (es decir, celulosa, hemicelulosa, sustancias pécticas, gomas, almidones resistentes e inulina), y otros componentes no carbohidratos (como polifenoles, ceras, saponinas, fitatos, cutina y proteínas resistentes) de composición química y características físicas variables que, en conjunto, definen el papel de la fibra en la función gastrointestinal y la salud, por ejemplo, disponibilidad de nutrientes, tiempo de tránsito intestinal y especificidad microbiana (Yangilar, 2013; Gill *et al.*, 2020).

La fibra dietética se clasifica según su solubilidad en agua en fibra dietética insoluble, tal como celulosa, hemicelulosas, almidones resistentes y lignina; y fibra dietética soluble, que incluye oligosacáridos, pectinas, betaglucanos, galactomananos, gomas y alginatos. Mientras el primer grupo se relaciona con la absorción de agua y la regulación intestinal, el segundo se asocia con la reducción del colesterol en sangre y la disminución de la absorción de glucosa en el intestino delgado (Yangilar, 2013; Otles y Nakilcioglu, 2019).

Las propiedades tecnológicas y efectos fisiológicos de la fibra dietética están determinados principalmente por las proporciones que guardan estas dos fracciones, sin importar su origen. Las fibras solubles, que suelen encontrarse en altas concentraciones en subproductos de frutas y vegetales, se caracterizan por su capacidad para aumentar la viscosidad y reducir la respuesta glucémica y el colesterol plasmático, mientras que las fibras insolubles se caracterizan por su porosidad, su baja densidad y su capacidad para aumentar el volumen fecal y disminuir el tránsito intestinal, y se encuentran, principalmente, en las envolturas de los granos y leguminosas (Matos-Chamorro y Chambilla-Mamani, 2010; Elleuch *et al.*, 2011).

La fibra dietética tiene varias propiedades funcionales adecuadas que afectan la calidad y las características de los productos alimenticios. Estas propiedades funcionales deben tenerse en cuenta cuando se incorporan diversas fuentes de fibra dietética, ya que la cantidad de fibra adicionada es finita, debido a que puede provocar cambios indeseables en el color y textura de los alimentos. Además, deben evaluarse las necesidades específicas para cada sistema alimentario, ya que a menudo puede abordarse mediante el uso de determinadas fuentes de fibra o combinaciones de éstas que proporcionan efectos sinérgicos (Elleuch *et al.*, 2011; Kim y Paik, 2012). Por ejemplo, en comparación con la fibra dietética insoluble, en el procesamiento de alimentos la fracción soluble exhibe mayor capacidad para proporcionar viscosidad, capacidad para formar geles y/o actuar como emulsionante, además de no impartir mala textura ni mal sabor y ser más fácil de incorporar en alimentos procesados y bebidas (Elleuch *et al.*, 2011).

La carne y los productos cárnicos tienen efectos tanto positivos como negativos sobre la salud en la dieta. Son fuentes importantes de proteínas y aminoácidos esenciales de alto valor biológico y grasas esenciales, vitaminas A y B y minerales, así como de grasas saturadas, colesterol, sodio y nitritos. De estos componentes, el contenido de ácidos grasos saturados, principalmente, ha sido considerado como un factor de riesgo en el desarrollo de cánceres y enfermedades coronarias asociadas con la vida moderna, especialmente en los países desarrollados (Ospina-Meneses *et al.*, 2011a; Kim y Paik, 2012). Basta evidencia señala la importancia del consumo de fibra dietética y su contribución en el mantenimiento de la salud metabólica en general (Barber *et al.*, 2020).

La simple reducción de grasa aparentemente sería el método más eficaz para producir productos bajos en grasa; sin embargo, la sustitución directa de este componente por agua en productos cárnicos emulsionados o triturados puede provocar problemas de textura, rendimientos de producción y cambios en las cualidades sensoriales después de cocinar o recalentar (López-Vargas *et al.*, 2014).

Para evitar los problemas mencionados, se han examinado numerosos ingredientes no cárnicos como coadyuvantes que se pueden adaptar a una formulación más "saludable", agregando ingredientes que se consideren benéficos para la salud, y eliminando o reduciendo los componentes que se consideran "nocivos". Estos productos generalmente se producen mediante la reformulación por incorporación de ingredientes como una variedad de fibras, proteínas, ácidos grasos poliinsaturados, antioxidantes, etc. (Kumar y Banerjee, 2010; Biswas *et al.*, 2011; López-Vargas *et al.*, 2014). De acuerdo con lo anteriormente expuesto, el objetivo de esta revisión es mostrar la influencia de la incorporación de fibras dietéticas en productos cárnicos sobre sus características fisicoquímicas, de textura y sensoriales, y el potencial de estos ingredientes en el desarrollo de alimentos funcionales.

2. La fibra dietética en la formulación de productos cárnicos

La fibra dietética es un ingrediente funcional valioso que se puede incorporar en matrices alimentarias. Se han estudiado varios tipos de fibras solas o combinadas con otros ingredientes para la formulación de productos cárnicos reducidos en grasa, principalmente productos molidos y reestructurados y emulsiones cárnicas, donde se ha tenido éxito en mejorar el rendimiento de cocción, reducir los costos de formulación y mejorar la textura (Kumar y Banerjee, 2010; López-Vargas *et al.*, 2014).

En diversos productos cárnicos la adición de fibra dietética como un ingrediente funcional produce cambios en tres niveles distintos: fisicoquímico, nutricional y sensorial, de modo que se ven afectados el perfil nutricional y composición proximal, la capacidad de retención de agua (CRA) y rendimiento, parámetros de color, parámetros de textura, propiedades antioxidantes y atributos sensoriales, entre otros (Tabla 1).

Tabla 1. Cambios generados por la incorporación de diferentes fuentes de fibras en matrices alimentarias cárnicas.

Table 1. Changes generated by the incorporation of different sources of dietary fibers in meat food matrices.

Matriz alimentaria	Tipo de fibra(s) adicionada(s)	Efecto producido	Fuente
Salchichas Viena reducidas en grasa	Fibra de nopal	Disminución de L* y a* Incremento en la dureza Diminución en la aceptabilidad general	Diego-Zárate <i>et al.</i> (2021)
	Fibra de cítricos	Incremento en la dureza Mejoría en la aceptación general Capacidad antioxidante	Viuda-Martos <i>et al.</i> (2010)
Salchichas Bologna	Fibra de chícharo	Disminución de las pérdidas por cocción Diminución en la aceptabilidad general	Pietrasik y Janz (2010)
Salchichas de pollo	Inulina	Disminución de las pérdidas por cocción Incremento en la dureza	Keenan <i>et al.</i> (2014)
	Brotos de trigo	Pérdidas en la aceptabilidad general Capacidad antioxidante	Ozturk <i>et al.</i> (2014)
Hamburguesas de res	Linaza	Disminución de las pérdidas por cocción Disminución de L* y a* Disminución de la aceptabilidad general	Valenzuela-Melendres <i>et al.</i> (2014)
Hamburguesa de pollo	Mezcla de fibras de bambú, trigo y chícharo	Mejora en las propiedades emulsificantes Disminución de la dureza Aceptabilidad comparable o superior	Huber <i>et al.</i> (2016)
Hamburguesas de cerdo	Fibra de subproducto de horchata	Incremento en la CRA Disminución en las pérdidas por cocción	Sánchez-Zapata <i>et al.</i> (2010)
Nuggets de pollo	Harina de banana y cáscara de soya	Incremento en la CRA Disminución en las pérdidas por cocción Incremento de la dureza	Kumar <i>et al.</i> (2011)

L*: Luminosidad

a*: Coordenadas cromáticas rojo/verde

CRA: Capacidad de retención de agua

2.1. Propiedades antioxidantes de la fibra dietética

Algunos componentes bioactivos de la fibra dietética, como flavonoides, carotenos y polifenoles, poseen propiedades antioxidantes que pueden ser explotadas como ingredientes para mejorar la estabilidad oxidativa y prolongar la vida de anaquel de los productos cárnicos. Además, este poder antioxidante tendría un doble efecto, evitar el enranciamiento del producto y servir como un factor de salud para el consumidor (Jiménez-Colmenero y Delgado-Pando, 2013).

Aleson-Carbonell *et al.* (2005) adicionaron albedo, un tipo de fibra obtenida del tejido blanco interior y suave de la cáscara de los cítricos, y betaglucanos a salchichas estilo inglés como una alternativa a fuentes de fibras dietéticas debido a la presencia de compuestos bioactivos asociados (flavonoides y vitamina C) con propiedades antioxidantes. Los valores de ácido 2-tiobarbitúrico (TBA) como una medición de la oxidación de lípidos en las muestras crudas indicaron efectos antioxidantes de la avena y el albedo, porque todos los tratamientos con estos ingredientes mostraron los valores de TBA más bajos. La misma actividad ha sido atribuida a los flavonoides y el ácido ascórbico presentes en las frutas cítricas. Sin embargo, en muestras cocidas, el efecto antioxidante se mantuvo para las muestras adicionadas con albedo de limón, pero no así para aquellas adicionadas con avena.

Otros autores evaluaron el efecto de la adición de fibras con propiedades antioxidantes en productos cárnicos durante el almacenamiento. Se concluyó que en salchichas Bologna existen diferencias significativas en los valores de TBA a concentraciones de fibra de cítricos desde 50 mg/kg o más, mientras que adicionar fructooligosacáridos, inulina, harina de avena o harina de trigo en hamburguesas de res y fructooligosacáridos en salchichas, siendo ambas bajas en grasa, no produce efecto significativo sobre la oxidación de lípidos (Viuda-Martos *et al.*, 2010; Dos-Santos *et al.*, 2012; Bis-Souza *et al.*, 2018).

2.2. Cambios en el perfil nutricional y composición proximal de los productos cárnicos

La carne, y los productos cárnicos en general, son fuente importante de un amplio rango de nutrientes como las proteínas y las vitaminas, y contribuyen con considerables proporciones de la ingesta de varios nutrientes esenciales para el crecimiento y el desarrollo (Jiménez-Colmenero y Delgado-Pando, 2013). Factores como la especie, la edad, la dieta, el manejo y el procesamiento influyen en su composición, y durante este último, la adición de ingredientes no cárnicos como aglutinantes, rellenos y extensores puede resultar en un cambio de la composición general del producto final (Talukder, 2015; Mehta *et al.*, 2019).

Resultados de investigaciones epidemiológicas han concluido que existe una estrecha relación entre las dietas ricas en energía, azúcares, grasas y sales añadidos y el padecimiento de enfermedades crónicas como enfermedad isquémica del corazón, cáncer, hipertensión arterial y obesidad (Talukder, 2015; Rippe y Angelopoulos, 2016). Los productos cárnicos procesados son ricos en grasas, principalmente grasas saturadas, y contienen elevadas concentraciones de sal, que van del 1 al 10 %; su consumo ha sido asociado con el incremento en el riesgo de padecer enfermedades cardiovasculares y diferentes tipos de cáncer (Sinha *et al.*, 2009; Hu *et al.*, 2011).

Se ha documentado que la fibra dietética juega un papel importante en la prevención de varias enfermedades, como las antes mencionadas, y el mantenimiento de la salud, aunque también se señala que la ingesta recomendada de fibra dietética total es de más de 25 g/día, y que los niveles de ingesta común son menores aún en las sociedades más avanzadas (Jiménez-Colmenero y Delgado-Pando, 2013; Mehta *et al.*, 2019). En este sentido, Kumar *et al.* (2011), Ospina-Meneses *et al.* (2011b) y Jiménez-Colmenero y Delgado-Pando (2013) reportaron reducciones desde 8 % hasta 34 % de la densidad energética de salchichas, hamburguesas y nuggets de pollo, dependiendo del nivel de grasa reemplazada por fibras de banano, harina de soya, carboximetilcelulosa y celulosa microcristalina.

Diversos autores han incorporado fibras de cítricos, albedo, banano verde y salvado de arroz (Aleson-Carbonell *et al.*, 2005; Viuda-Martos *et al.*, 2010; Yun-Sang *et al.*, 2010; Ospina-Meneses *et al.*, 2011b; Song *et al.*, 2016) en salchichas Frankfurt, salchichas de Bologna y salchichas para desayuno reducidas en grasa, encontrando que existen diferencias significativas respecto al control en los valores de humedad, cenizas y fibra en aquellas muestras adicionadas de fibra, atribuyéndolo en su totalidad a la fibra incorporada.

2.3. Capacidad de retención de agua (CRA) y rendimiento

En general, la fibra tiene una alta CRA, lo que a su vez ayuda a controlar la migración de humedad y la formación de cristales de hielo, aumentar la estabilidad de congelación/descongelación y reducir la sinéresis (Gelroth y Ranhotra, 2001). Este parámetro también determina la pérdida de agua durante el transporte, almacenamiento, procesamiento y cocción, de modo que como consecuencia de una CRA deficiente se tiene un bajo rendimiento de cocción y, a menudo, carne “poco jugosa” y carnes procesadas de baja calidad. El agua liberada de un producto cárnico procesado a menudo se describe como rendimiento de cocción, y esto está directamente relacionado con la CRA (Warner, 2017).

Entre los factores que influyen en la CRA en la fibra, se encuentran la estructura química de los polisacáridos componentes, la abundancia de grupos hidroxilo, la velocidad de hidratación, el tamaño de partícula, el pH y la fuerza iónica (Gelroth y Ranhotra, 2001; Matos-Chamorro y Chambilla-Mamani, 2010; Cui *et al.*, 2011; Elleuch *et al.*, 2011). Una buena CRA es esencial debido a las características deseables que provee en los productos cárnicos (Aruwa *et al.*, 2018).

Huber *et al.* (2016) evaluaron el efecto de la adición de mezclas de fibras de bambú, chícharo, manzana, papa, trigo y avena en hamburguesas de pollo encontrando que las muestras adicionadas con chícharo, trigo y avena presentan los mayores valores en la CRA. Por su parte, Katari *et al.* (2014) estudiaron el efecto de la incorporación de polvo de celulosa Vitacel L200 (CHAHIA, Sfax, Tunisia), concentrado de betaglucano de cebada y fibra de papa Vitacel KF500 (CHAHIA, Sfax, Tunisia), en salchichas Tunisianas, mostrando también que la CRA de las salchichas sufre un incremento significativo con las fibras añadidas, que puede atribuirse a la alta CRA de las fibras.

Es importante mencionar que otros autores señalan que es casi improbable que un solo ingrediente produzca el efecto deseado en la formulación de productos cárnicos bajos en grasa, y que para lograrlo debe utilizarse una combinación de ingredientes (Cofrades *et al.*, 2000). Kumar *et al.* (2011) y Aleson-Carbonell (2005) evaluaron la adición de mezclas de harinas de banana y cáscara de soya

en nuggets de pollo y betaglucano y harina de trigo en salchichas para desayuno, respectivamente. Ambos grupos encontraron que hubo un mayor contenido de humedad y mayor CRA cuando se emplearon las mezclas mencionadas. Con respecto a la forma individual, lo que podría sugerir a que la interacción de las dos harinas mejora la CRA.

Schmiele *et al.* (2015) reemplazaron grasa de cerdo por fibra de celulosa amorfa en salchichas fermentadas y encontraron que las pérdidas por cocción disminuyeron al incrementar el contenido de grasa debido a una mejor emulsificación de la pasta y un menor contenido de agua añadido a la fórmula. Este mismo comportamiento se ha encontrado en otros productos como los nuggets de pollo, donde se reemplazó grasa por harinas de banana y cáscara de soya, y en salchichas para desayuno adicionadas con albedo, y betaglucanos y harina de trigo, siendo aún más notable el resultado en las muestras con combinación de harinas (Aleson-Carbonell *et al.*, 2005; Kumar *et al.*, 2011).

Por el contrario, Bis-Souza *et al.* (2018) y Angiolillo *et al.* (2014) determinaron que al incorporar 6 % de inulina a hamburguesas de res bajas en grasa y 9 g de inulina a hamburguesas sin reducción de grasa, se produce una disminución significativa en el rendimiento por cocción, que se atribuye a la mayor cantidad de agua necesaria para lograr la disolución previa de la fibra. Verma *et al.* (2013) también observaron este comportamiento en nuggets de carne de oveja adicionadas con 1 % de polvo de guayaba, que fue posiblemente debido a la formación de una emulsión comparativamente menos estable que la de las muestras control.

2.4. Cambios en los parámetros de color en los productos cárnicos

El color de la carne es una característica importante en la aceptación de los productos cárnicos por parte del consumidor e influye significativamente en el comportamiento de compra. Sin embargo, puede variar mucho entre productos frescos y procesados, y está fuertemente influenciado por la manipulación durante el almacenamiento y la exhibición (Pérez-Álvarez y Fernández-López, 2009).

El desarrollo del color depende de las condiciones de procesamiento, el nivel de grasa y algunos aditivos, como pigmentos naturales y antioxidantes presentes en fibras dietéticas, que afectan no sólo el color final del producto cárnico, sino también su estabilidad, dependiendo del tipo y cantidad en que se adicionen. Dichos procesos son comunes en la elaboración de productos cárnicos y juegan un papel fundamental en el desarrollo de las características esenciales de cada producto. Aunque se trata de operaciones muy habituales, son, desde un punto de vista teórico, bastante complejas y no existe una descripción completa de su influencia sobre el color (Pérez-Álvarez y Fernández-López, 2009; Hyun-Wook *et al.*, 2015).

En productos de carne molida el color puede verse alterado significativamente por la proporción de ingredientes no cárnicos en la formulación, así como con el decremento en el contenido de grasa, que tiende a generar productos más oscuros y rojos. Varios autores mencionan que la adición de fibras dietéticas como la linaza y el nopal en hamburguesas de res y salchichas bajas en grasa, producen diferencias significantes en los parámetros de luminosidad y color amarillo, pero no para el rojo (Valenzuela-Melendres *et al.*, 2014; Diego-Zárate *et al.*, 2021).

También se ha reportado que en productos similares el reemplazo de grasa por fibras de celulosa y fructooligosacáridos no influencia de manera significativa los parámetros L^* , a^* y b^* , aunque se observan mayores valores b^* a mayor contenido de grasa, y tendencia a aumentar el color rojo y el amarillo al incrementar la concentración de fibra (Cáceres *et al.*, 2004; Schmiele *et al.*, 2015).

Es importante mencionar que las técnicas de procesamiento en la producción de ingredientes de fibra también pueden modificar su color para cumplir una función particular dentro del sistema alimentario (Gelroth y Ranhotra, 2001). Por mencionar un ejemplo, Hyun-Wook *et al.* (2015) analizaron el impacto de la adición de 3 % de fibras de cáscara y pectina de soya, con diferentes tipos de tratamiento de extracción (crudo, alcalino y ácido-alcalino) sobre sistemas de emulsión cárnica, señalando que las emulsiones cárnica formuladas con tratamientos alcalino y ácido-alcalino mostraron color rojo similar al control, mientras que el color rojo de las emulsiones preparadas con fibra cruda y pectina disminuyeron significativamente.

2.5. Cambios en los parámetros de textura de los productos cárnicos

La textura del producto cárnico es un atributo importante que tiene relevancia tanto tecnológica como sensorial. La adición de fibra en los productos cárnicos, así como la cantidad y su naturaleza, pueden tener una influencia tanto positiva como negativa en los parámetros de textura (Valenzuela-Melendres *et al.*, 2014; Mehta *et al.*, 2019; Diego-Zárate *et al.*, 2021). En productos cárnicos buena parte de la aceptabilidad está basada en la textura, principalmente la dureza, que se asocia con la calidad de la carne, por lo que el consumidor los rechazará tanto si son muy duros como si son muy blandos (Torres-González *et al.*, 2014).

Para medir la textura de la carne y los productos cárnicos de manera objetiva se han desarrollado diferentes métodos instrumentales, como la prueba de Warner-Bratzler, la prueba de Allo-Kramer y el análisis del perfil de textura (APT), que dependiendo del procedimiento y las condiciones de las mediciones permiten obtener características de la muestra como dureza, elasticidad y gomosidad, entre otras, de manera que puedan correlacionarse con los atributos sensoriales. En esta prueba la muestra se comprime dos veces y se analizan las curvas fuerza-tiempo para proporcionar los parámetros de dureza, fragilidad, masticabilidad, gomosidad y adhesividad percibidas por un panel sensorial.

En salchichas reducidas en grasa y adicionadas con fibra varios autores han reportado cambios significativos en los parámetros de textura. Con fibras de cítricos y fructooligosacáridos hay un incremento en la dureza y la masticabilidad, mismos que aumentan con el contenido de fibra, mientras que con fibras de nopal, soya y pectina la dureza incrementa, pero la masticabilidad permanece sin diferencia significativa entre tratamientos (Caceres *et al.*, 2004; Kumar *et al.*, 2011; Dos Santos *et al.*, 2012; Hyun-Wook *et al.*, 2015; Song *et al.*, 2016; Diego-Zárate *et al.*, 2021).

La concentración de la fibra es un factor que influye de manera significativa en la dureza de los productos desarrollados, sin existir una relación concentración-dependiente creciente o decreciente. Diego-Zárate *et al.* (2021) encontraron un incremento en la dureza de salchichas Viena al aumentar el contenido de fibra de nopal hasta un 4 %, aunque sin diferencias significativas entre tratamientos.

Sin embargo, una concentración del 6 % de la fibra produce un decremento de 29.73 N a 16.84 N. Este mismo comportamiento fue observado por Flores *et al.* (2005) y Schmiele *et al.* (2015), quienes señalan una tendencia creciente de los niveles de dureza al incrementar las concentraciones de fibras del 1 % al 1.5 %, pero con una reducción en el valor de este parámetro en concentraciones de 1.3 g.

Respecto a la cohesividad todas las muestras de salchichas bajas en grasa adicionadas con diferentes fibras (de banana y de nopal) presentan una disminución respecto al control a mayor incorporación de la fibra, a excepción de cuando se añaden fructooligosacáridos o polvo de guayaba, donde este valor es mayor posiblemente debido a la formación de enlaces más fuertes entre las partículas de la carne, provocadas por la reducción de grasa (Caceres *et al.*, 2004; Kumar *et al.*, 2011; Dos Santos *et al.*, 2012; Verma *et al.*, 2013; Diego-Zárate *et al.*, 2021).

En otros productos como nuggets de pollo donde se añade harina de banana se presenta un comportamiento similar al de las salchichas, donde de forma significativa incrementan los valores de dureza y elasticidad, y decrece la cohesividad (Kumar *et al.*, 2011); mientras que en hamburguesas de cerdo crudas incorporadas con albedo de maracuyá se observa mayor dureza a mayor concentración de la fibra, sin cambios significativos en cohesividad y elasticidad, aunque posterior al proceso de cocción los parámetros de dureza, gomosidad y masticabilidad aumentan, y la elasticidad disminuye de forma significativa (López-Vargas *et al.*, 2014).

2.6. Influencia de la fibra en los atributos sensoriales

La evaluación sensorial y la investigación del consumidor son herramientas relevantes en el desarrollo de productos cárnicos mejorados. Las pruebas sensoriales tradicionales, principalmente las pruebas hedónicas, son comúnmente utilizadas para evaluar las propiedades organolépticas de nuevos productos cárnicos en los estudios de investigación, siendo la terneza y la jugosidad los atributos más analizados sensorialmente. Sin embargo, se ha observado que el uso de estos dos parámetros limita la evaluación general de los productos y se consideraron atributos extra relevantes: apariencia, color, terneza, jugosidad, aroma y sabor, permitiendo así tener un juicio más objetivo y preciso, que puede dar una mejor indicación de la aceptación del consumidor (Ruiz-Capillas *et al.*, 2021).

Varios autores han evaluado distintos aspectos sensoriales en productos cárnicos adicionados con fibra dietética. Por ejemplo, Schmiele *et al.* (2015) reportaron que al incorporar fibra de celulosa amorfa a salchichas fermentadas bajas en grasa obtuvieron un producto percibido como de menor jugosidad y suavidad. Kumar *et al.* (2011) estudiaron el efecto de la adición de harina de banana y cáscara de soya en nuggets de pollo señalando que los tratamientos con harina sola o en combinaciones no tuvieron ventajas adicionales en los atributos sensoriales, aunque las muestras con mezcla de harinas 50:50 fueron óptimas considerando los diferentes parámetros fisicoquímicos y sensoriales.

Pietrasik y Janz (2010) señalaron que la aceptabilidad de salchichas Bologna bajas en grasa y adicionadas con fibra de chícharo disminuye al disminuir el contenido de grasa, pero, a su vez, aumenta a mayor adición de fibra; inclusive las muestras bajas en grasa y con fibra adicionada

obtuvieron mejor evaluación y aceptabilidad por parte de los panelistas. Ayadi *et al.* (2009) incorporaron carragenano a salchichas de pavo, mostrando que su contenido hasta en 1 % no tiene efecto significativo sobre el sabor de las salchichas. Así mismo, las puntuaciones promedio para “aspecto” muestran que la aceptabilidad de los panelistas hacia las salchichas formuladas con carragenanos incrementa con la concentración de la goma.

La adición de fibra de cítricos o fructooligosacáridos en salchichas cocidas tiene un potencial importante en la aceptación y percepción general por parte de los panelistas, ya que, aunque se han encontrado diferencias en color, olor, sabor, aroma y textura, éstas no resultan significativas y las muestras fueron bien calificadas con respecto a la aceptabilidad general, independientemente de su contenido de grasa y la cantidad de fibra añadida (Caceres *et al.* 2004; Aleson-Carbonell *et al.* 2005).

De forma contraria, otros autores reportan que la aceptabilidad general y por atributos de salchichas adicionadas con diferentes fibras disminuye de forma significativa al incrementar su proporción en la muestra. No obstante, la influencia de la fibra en la salchicha difiere para cada parámetro según la fuente; por ejemplo, Diego-Zarate *et al.* (2021) señalan que adicionar 2 % de fibra de nopal no produce diferencias significativas en la apariencia, el color y el sabor respecto al control, pero sí con 4 % de la fibra. Turhan *et al.* (2005) incorporaron cubierta de avellana y encontraron que existen diferencias significativas entre apariencia, jugosidad y sabor cuando el porcentaje de fibra es del 2 %, pero dichos cambios no se perciben cuando se emplea únicamente el 1 %.

2.7. Expectativas

Hoy en día existe una amplia variedad de reportes de investigaciones y estudios científicos en los que se demuestra que diversas fuentes de fibras dietéticas ya sean provenientes de frutas, cereales, legumbres e incluso de subproductos de otras industrias, son utilizadas en la formulación de distintos productos cárnicos con resultados favorables debido a las características funcionales que desempeñan de forma particular en cada matriz alimentaria (Fig 1).

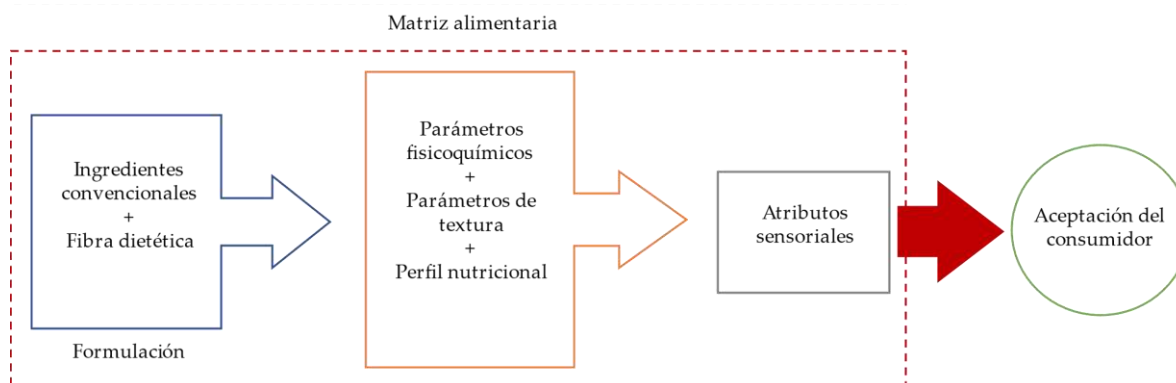


Fig 1. Relación efecto-incorporación de fibra dietética en productos cárnicos.

Fig 1. Effect-incorporation relationship of dietary fiber in meat products.

Aunque en la mayoría de los estudios se evalúa la incorporación de un solo tipo de fibra es relevante considerar otros aspectos para futuras investigaciones, entre ellos: (1) los posibles efectos sinérgicos de mezclas de fibras dietéticas, que brinden las mejores características texturales y los atributos sensoriales deseables para el consumidor; (2) la influencia del método de obtención de la fibra dietética; (3) la forma y el momento de inclusión en la matriz alimentaria; (4) la posible interacción entre la formulación y las condiciones de procesamiento. Sin duda alguna, el uso de fibras dietéticas representa un área de investigación en crecimiento y una oportunidad para el desarrollo de nuevos productos con un mayor valor agregado.

3. Conclusiones

La fibra dietética es un ingrediente que, al ser incorporado a distintos productos cárnicos, presenta propiedades funcionales y nutricionales benéficas que permiten su reformulación, ya sea enfocada a incrementar el consumo de este componente de la dieta o a una reducción en la ingesta de grasa. Cabe resaltar que, aun obteniendo buenos resultados a nivel tecnológico la aceptación del consumidor sigue siendo el factor decisivo para su consumo.

Diferentes fuentes de fibras han sido utilizadas en alimentos cárnicos, ya sea del tipo emulsionados, frescos o empanizados, como las salchichas, las hamburguesas o los nuggets, con resultados favorables. Por mencionar algunos ejemplos están el incremento en la CRA, disminución de las pérdidas por cocción y capacidad antioxidante a nivel tecnológico; reducción del contenido de grasa e incremento en el contenido de fibra dietética a nivel nutricional; y puntuaciones de aceptabilidad global comparables con un control en el nivel sensorial.

Aunque se han estudiado los efectos de una gran cantidad de fibras de forma aislada, es decir, incorporando un solo tipo de fibra, se ha observado que existe un efecto sinérgico cuando se emplean mezclas, de modo que el campo de investigación sigue siendo muy amplio.

Conflicto de interés

Los autores declaran no tener conflicto de interés con respecto al presente trabajo.

4. Referencias

- Aleson-Carbonell, L., Fernández-López, J., Pérez-Alvarez, J. A., & Kuri, V. (2005). Functional and sensory effects of fibre-rich ingredients on breakfast fresh sausages manufacture. *Food Science and Technology International*, 11(2): 89-97. <http://dx.doi.org/10.1177/1082013205052003>
- Angiolillo, L., Conte, A., & Del Nobile, M. A. (2014). Technological strategies to produce functional meat burgers. *LWT - Food Science and Technology*, XXX: 1-7. <http://dx.doi.org/10.1016%2Fj.lwt.2014.08.021>

- Aruwa, C., Amoo, S., & Kudanga, T. (2018). *Opuntia* (Cactaceae) plant compounds, biological activities and prospects – A comprehensive review. *Food Research International*, 112: 328-344. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2018.06.047>
- Ayadi, M., Kechaou, A., Makni, I., & Attia, H. (2009). Influence of carrageenan addition on turkey meat sausages properties. *Journal of Food Engineering*, 93: 278-283. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2009.01.033>
- Barber, T., Kabisch, S., Pfeiffer, A., & Weickert, M. (2020). The health benefits of dietary fiber. *Nutrientes*, 12, 3209. <https://dx.doi.org/10.3390%2Fnu12103209>
- Bis-Souza, C.V., Henck, J. M. M., & Barreto, A. C. S. (2018). Performance of low-fat beef burger with added soluble and insoluble dietary fibers. *Food Science and Technology, Campinas*, 38(3): 522-529. <https://doi.org/10.1590/fst.09217>
- Biswas, A. K., Kumar, S., Bhosle, S., Sahoo, J., & Chatli, M. K. (2011). Dietary fiber as functional ingredients in meat products and their role in human health. *International Journal of Livestock Production*, 2(4): 45-54. <https://doi.org/10.5897/IJLP.9000007>
- Caceres, E., García, J., Toro, T., & Selgas, M. (2004). The effect of fructooligosaccharides on the sensory characteristics of cooked sausages. *Meat Science*, 68: 87-96. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2004.02.008>
- Cofrades, S., Guerra, M., Carballo, J., Fernández-Martín, F., & Jiménez, F. (2000). Plasma protein and soy fiber content effect on Bologna sausage properties as influenced by fat level. *JFS: Food Chemistry and Toxicology*, 65(2): 281-287. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2000.tb15994.x>
- Cui, S.W., Nie, S., & Roberts, K. T. (2011). Functional Properties of Dietary Fiber. En M. Moo-Young (ed.), *Comprehensive Biotechnology* (pp. 517-525). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-64046-8.00240-8>
- Diego-Zarate, L. M., Méndez-Zamora, G., Rivera-De Alba, J. A., & Flores-Girón, E. (2021). Efecto del nopal (*Opuntia* spp.) deshidratado en polvo sobre las propiedades fisicoquímicas y sensoriales de salchichas Viena. *Biotecnia*, XXII (2): 89-95. <https://doi.org/10.18633/biotecnia.v23i2.1377>
- Dos-Santos, B., Bastianello-Campagnol, P. C., Bertoldo-Pacheco, M., & Rodrigues-Pollonio, M. (2012). Fructooligosaccharides as a fat replacer in fermented cooked sausages. *International Journal of Food Science and Technology*, 47(6): 1183-1192. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2012.02958.x>
- Elleuch, M., Bedigian, D., Roiseux, O., Besbe, S., & Blecker, C. (2011). Dietary fibre and fibre-rich by-products of food processing: Characterisation, technological functionality and commercial applications: A review. *Food Chemistry*, 124: 411-421. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2010.06.077>
- Flores, E. A., Burciaga, A. A., Soriano, T.C., Alonso, N. M., & Ramírez, B.P. (2005). Uso de fibra de avena y trigo en salchicha Viena evaluando nivel de agrado y perfil de textura. <https://bit.ly/3knxdok>
- Gelroth, J. & Ranhotra, G. S. (2001). Food Uses of Fiber. En S. Sungsoo & M. Dreher. (ed.), *Handbook of dietary fiber* (pp. 465-481). Taylor and Francis. <https://doi.org/10.1201/9780203904220>
- Gill, S., Rossi, M., Bajka, B., & Whelan, K. (2020). Dietary fibre in gastrointestinal health and disease. *Nature Reviews Gastroenterology & Hepatology*, 18: 101-116. <https://doi.org/10.1038/s41575-020-00375-4>

- Hu, J., La Vecchia, C., Morrison, H., Negri, E., & Mery, L. (2011). Salt, processed meat and the risk of cancer. *European Journal of Cancer Prevention*, 20(2): 132-139. <https://doi.org/10.1097/cej.0b013e3283429e32>
- Huber, E., Francio, D. L., Biasi, V., Mezzomo, N., & Salvador-Ferreira, S. R. (2016). Characterization of vegetable fiber and its use in chicken Burger formulation. *Journal of Food Science and Technology*, 53(7): 3043–3052. <https://doi.org/10.1007/s13197-016-2276-y>
- Hyun-Wook, K., Yong, J. L., & Yuan, B. K. (2015). Efficacy of pectin and insoluble fiber extracted from soy hulls as a functional non-meat ingredient. *LWT - Food Science and Technology*, 64: 1071-1077. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2015.07.030>
- Jiménez-Colmenero, F., & Delgado-Pando, G. (2013). Fibre-enriched meat products. En J. Delcour & K. Poutanen (ed.), *Fibre-rich and wholegrain foods. Improving quality* (pp. 329-347). Woodhead Publishing. <https://doi.org/10.1533/9780857095787.4.329>
- Katari, N., Samoui, S., Trabelsi, I., Nasri, M., & Ben-Salah, R. (2014). Chemical composition, techno-functional and sensory properties and effects of three dietary fibers on the quality characteristics of Tunisian beef sausage. *Meat Science*, 96: 521-525. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2013.07.038>
- Keenan, D., Resconi, V., Kerry, J., & Hamill, R. (2014). Modelling the influence of inulin as a fat substitute in comminuted meat products on their physico-chemical characteristics and eating quality using a mixture design approach. *Meat Science*, 96: 1384–1394. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2013.11.025>
- Kim, H. J., & Paik, H. D. (2012). Functionality and application of dietary fiber in meat products. *Korean Journal for Food Science of Animal Resources*, 32(6): 695-705. <http://dx.doi.org/10.5851/kosfa.2012.32.6.695>
- Kumar, A., & Banerjee, R. (2010). Dietary fibre as functional ingredient in meat products: a novel approach for healthy living – a review. *Journal of Food Science and Technology*, 47(3): 247–257. <https://dx.doi.org/10.1007%2Fs13197-010-0039-8>
- Kumar, V., Kumar, A., Sahoo, J., Kumar, M., & Sivakumar, S. (2011). Quality and storability of chicken nuggets formulated with green banana and soybean hulls flours. *Journal of Food Science and Technology*, 50: 1058-1068. <https://dx.doi.org/10.1007%2Fs13197-011-0442-9>
- López-Vargas, J. H., Fernández-López, J., Pérez-Álvarez, J.A., & Viuda-Martos, M. (2014). Quality characteristics of pork burger added with albedo-fiber powder obtained from yellow passion fruit (*Passiflora edulis* var. *flavicarpa*) co-products. *Meat Science*, 97: 270-276. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2014.02.010>
- Matos-Chamorro, A., & Chambilla-Mamani, E. (2010). Importancia de la fibra dietética, sus propiedades funcionales en la alimentación humana y en la industria alimentaria. *Revista de Investigación en Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 1(1): 4-17. <https://bit.ly/3OHNFOC>
- Mehta, N., Kumar, M., Kumar, P., Prakash-Malav, O., Kumar, A., & Kumar, D. (2019). Development of dietary fiber-rich meat products: Technological advancements and functional significance. En J.M. Mérillon & K. Ramawat (ed.), *Bioactive Molecules in Food* (pp. 763-795). Springer Cham. http://dx.doi.org/10.1007/978-3-319-78030-6_9

- Ospina-Meneses, S. M., Restrepo-Molina, D. A., & López-Vargas, J. H. (2011a). Derivados cárnicos como alimentos funcionales. *Revista Lasallista de Investigación*, 8(2): 163-172. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=69522607018>
- Ospina-Meneses, S. M., Restrepo-Molina, D. A., & López-Vargas, J.H. (2011b). Caracterización microbiológica y bromatológica de hamburguesas bajas en grasa con adición de fibra de banano verde íntegro. *Revista Facultad Nacional de Agronomía - Medellín*, 64(1): 5993-6005. <https://bit.ly/3vITqd8>
- Otles, S., & Nakilcioglu, E. (2019). Total dietary fiber intake, whole grain consumption, and their biological effects. En J.M. Mérillon & K. Ramawat (ed.), *Bioactive Molecules in Food* (pp. 701-722). Springer Cham. http://dx.doi.org/10.1007/978-3-319-54528-8_7-1
- Ozturk, I., Sagdic, O., Tornuk, F., & Yetim, H. (2014). Effect of wheat sprout powder incorporation on lipid oxidation and physicochemical properties of beef patties. *International Journal of Food Science and Technology*, 49: 1112–1121. <http://dx.doi.org/10.1111/ijfs.12407>
- Pérez-Álvarez, J. A., & Fernández-López, J. (2009). Color characteristics of meat and poultry processing. En L. Nollet & F. Toldrá (ed.), *Handbook of processed meats and poultry analysis* (pp. 355-373). CRC Press Taylor and Francis Group. <https://doi.org/10.1201/9781420045338>
- Pietrasik, Z., & Janz, J. A. M. (2010). Utilization of pea flour, starch-rich and fiber-rich fractions in low fat bologna. *Food Research International*, 43: 602-608. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2009.07.017>
- Rippe, J., & Angelopoulos, T. (2016). Relationship between added sugars consumption and chronic disease risk factors: Current understanding. *Nutrients*, 8(11): 697. <https://dx.doi.org/10.3390/2Fnu8110697>
- Ruiz-Capillas, C., Herrero, A. M., Pintado, T., & Delgado-Pando, G. (2021). Sensory analysis and consumer research in new meat products development. *Foods*, 10: 429. <https://doi.org/10.3390/foods10020429>
- Sánchez-Zapata, E., Muñoz, C. M., Fuentes, E., Fernández-López, J., Sendra, E., Sayas, E., Navarro, C., & Pérez-Álvarez, J. A. (2010). Effect of tiger nut fiber on quality characteristics of pork burger. *Meat Science*, 85: 70-76. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2009.12.006>
- Schmiele, M., Chiarinelli, M., da Silva, A., & Rodrigues, M. (2015). Dietary fiber as fat substitute in emulsified and cooked meat model system. *Food Science and Technology*, 61: 105-111. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2014.11.037>
- Sinha, R., Cross, A., Graubard, B., Leitzmann, M., & Schatzkin, A. (2009). Meat intake and mortality: A prospective study over half a million people. *Archives of Internal Medicine*, 169(6): 562-571. <https://doi.org/10.1001/archinternmed.2009.6>
- Song, J., Pan, T., Wu, J., & Ren, F. (2016). The improvement effect and mechanism of citrus fiber on the water-binding ability of low-fat frankfurters. *Journal of Food Science and Technology*, 53: 4197–4204. <https://dx.doi.org/10.1007/2Fs13197-016-2407-5>
- Talukder, S. (2015). Effect of dietary fiber on properties and acceptance of meat products: a review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 55(7): 1005-1011. <http://dx.doi.org/10.1080/10408398.2012.682230>

- Torres-González, J. D., González-Morales, K. J., & Acevedo-Correa, D. (2014). Análisis de Perfil de Textura en frutas, productos cárnicos y quesos. *Revista de la Ciencia, Tecnología e Ingeniería de los Alimentos*, 14(2): 63-75. <https://bit.ly/3KvNAKx>
- Turhan, S., Sagir, I. & Sule, N. (2005). Utilization of hazelnut pellicle in low-fat beef burgers. *Meat Science*, 71: 312-316. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2005.03.027>
- Valenzuela-Melendres, M., Camou, J. P., Torrentera-Olivera, N. G., Álvarez-Almora, E., González-Mendoza, D., Avendaño-Reyes, L., & González-Ríos, H. (2014). Response surface methodology for predicting quality characteristics of beef patties added with flaxseed and tomato paste. *Meat Science*, 97: 54–61. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2014.01.007>
- Verma, A., Rajkumar, V., Banerjee, R., Biswas, S., & Das, A. (2013). Guava (*Psidium guajava* L.) powder as an antioxidant dietary fibre in sheep meat nuggets. *Asian Australasian Journal of Animal Science*, 26: 886-895. <https://dx.doi.org/10.5713%2Fajas.2012.12671>
- Viuda-Martos, M., Ruiz-Navajas, Y., Fernández-López, J., & Pérez-Álvarez, J. (2010). Effect of adding citrus fibre washing water and rosemary essential oil on the quality characteristics of a bologna sausage. *LWT – Food Science and Technology*, 43: 958-963. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2010.02.003>
- Warner, R. (2017). Chapter 14 The Eating Quality of Meat – IV Water-Holding Capacity and Juiciness. En F. Toldrá (ed.), *Lawrie's meat Science* (pp. 419-459). Woodhead Publishing. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100694-8.00014-5>
- Yangilar, F. (2013). The application of dietary fibre in food industry: Structural features, effects on health and definition, obtaining and analysis of dietary fibre: A review. *Journal of Food and Nutrition Research*, 1(3): 13-23. <https://doi.org/10.12691/jfnr-1-3-1>
- Yun-Sang, C., Ji-Hun, C., Doo-Jeong, H., Hack-Youn, K, Mi-Ai, L., Hyun-Wook, K. Ju-Woon, L., Hai-Jung, C., & Cheon-Jei, K. (2010). Optimization of replacing pork back fat with grape seed oil and rice bran fiber for reduced-fat meat emulsion systems. *Meat Science*, 84(1): 212-218. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2009.08.048>

2022 TECNOCENCIA CHIHUAHUA.

Esta obra está bajo la Licencia Creative Commons Atribución No Comercial 4.0 Internacional.



<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>