

# Componentes prebióticos del plátano: fibra dietética y almidón resistente

Jenni Mildred Rivera-Quixchan<sup>1</sup>, Nicolás González-Cortés<sup>1</sup>, Reyes García-Zarracino<sup>2</sup>, Román Jiménez-Vera<sup>1</sup>

División Académica Multidisciplinaria de los Ríos<sup>1</sup>, DES Ciencias Naturales<sup>2</sup>  
Universidad Juárez Autónoma de Tabasco<sup>1</sup>, Universidad Autónoma del Carmen<sup>2</sup>  
Tenosique, Tab.<sup>1</sup>, Ciudad del Carmen, Camp.<sup>2</sup>; México

[nicolas.gonzalez, roman.jimenez]@ujat.mx, zarra\_73@yahoo.com.mx, yenkyrivera@hotmail.com

**Abstract**— Banana is an important source of beneficial health ingredients such as resistant starch, dietary fiber, inulin and fructooligosaccharides. The objective of this review is to show the prebiotic action of banana components. Prebiotics are fermentable ingredients that stimulate bacterial growth and colonic activity, selectively. Inulin and fructooligosaccharides are components that are found mainly in the banana that is consumed mature, while dietary fiber and resistant starch are found in the immature or cooking banana. Inulin and fructooligosaccharides have demonstrated their prebiotic activity, while other components such as resistant starch and pectin, components of dietary fiber, and are still under investigation.

**Keyword**— *plantain, banana, functional food, dietetic fiber, inulin.*

**Resumen**— El plátano es una fuente importante de ingredientes benéficos para la salud como el almidón resistente, la fibra dietética, inulina y fructooligosacáridos. El objetivo de esta revisión es mostrar la acción prebiótica de los componentes del plátano. Los prebióticos son ingredientes fermentables que estimulan el crecimiento bacteriano y la actividad colónica, de forma selectiva. La inulina y los fructooligosacáridos son componentes que se encuentran principalmente en el plátano que se consume maduro, mientras que la fibra dietética y el almidón resistente se encuentran en el plátano inmaduro o de cocción. La inulina y los fructooligosacáridos han demostrado su actividad prebiótica, mientras que otros componentes como el almidón resistente y la pectina, componentes de la fibra dietética, aún continúan en investigación.

**Palabras claves**— *plátano, banano, prebiótico, alimento funcional, fibra dietética, inulina.*

## I. INTRODUCCIÓN

Los consumidores están cada vez más conscientes de la relación entre la dieta y su salud. Este hecho ha impulsado el desarrollo y la comercialización de alimentos funcionales con propiedades beneficiosas [1]. Investigadores de todo el mundo están buscando alternativas para mejorar el acceso a estos ingredientes, por lo que comienzan a ser conocidos y consumidos por la población en general [2].

La fibra dietética es un término que se refiere a diversos carbohidratos y lignina, los cuales resisten la hidrólisis de las enzimas digestivas humanas, pueden ser fermentados por la microbiota colónica y excretadas parcialmente por las heces. Esta definición de fibra incluye a los polisacáridos no amiláceos (celulosas, hemicelulosas, pectinas, gomas y mucílagos), inulina, fructooligosacáridos, galactooligosacáridos y almidón resistente [3].

Algunos de estos componentes de la fibra dietética cumplen los criterios para ser considerados como prebióticos: inulina, fructooligosacáridos (FOS) y galactooligosacáridos (GOS). Sin embargo, otros componentes de la fibra son difíciles de clasificar, actúan como sustrato general, no específico, de las bacterias colónicas por lo que no pueden considerarse como prebióticos. Algunas fracciones del almidón resistente actúan como prebióticos y otras sólo como alimento colónico fermentable [3].

Algunos componentes presentes en la fibra dietética son denominados prebióticos, definidos como ingredientes alimenticios no digeribles de los alimentos que afectan de manera positiva al huésped,

estimulando de forma selectiva el crecimiento y la actividad metabólica de un número limitado de cepas de bacterias colónicas. Estos compuestos son moléculas de gran tamaño que no pueden ser digeridas por las enzimas digestivas del intestino delgado, alcanzando el intestino grueso donde son degradados por la microbiota colónica, principalmente por bifidobacterias y lactobacilos, generando de esta forma una biomasa bacteriana saludable y un pH óptimo. El producto final a partir de la fermentación de prebióticos en el colon son ácidos grasos de cadena corta (AGCC), como el ácido butírico, un nutriente para las células de la mucosa [4, 5, 6].

Actualmente, los fructooligosacáridos, inulina y galactooligosacáridos de plantas son las fuentes mejor conocidas de prebióticos. Los oligosacáridos de rafinosa y el almidón resistente también han sido reconocidos como carbohidratos prebióticos debido a que no son absorbidos en el intestino y promueven el crecimiento de bacterias benéficas en el colon [7]. La producción de alimentos funcionales con prebióticos es un área dominante en la industria alimentaria en los últimos años, y un mercado muy prometedor, no solo por razones económicas, sino por la evidencia científica de sus beneficios [2].

El plátano es una fuente importante de macroelementos, especialmente potasio y contiene ingredientes benéficos para la salud como almidón resistente, fibra dietética total, almidón rápidamente digerible y lentamente digerible, oligosacáridos y polifenoles [8]. El objetivo de esta revisión es mostrar los componentes del plátano maduro e inmaduro con actividad prebiótica con la finalidad de recomendar su consumo para beneficio de la salud humana.

## II. PLÁTANO (*MUSA SP.*)

El plátano y el banano son frutales originarios del Sureste Asiático y son fuentes de alimentos para habitantes de las zonas tropicales húmedas, se considera que ocupan el cuarto lugar como cultivos de importancia agronómica a nivel mundial. En frutas tropicales ocupan el primer lugar en consumo fresco. En México el término plátano se usa tanto para los bananos como para los plátanos, pero en otros países se hace una distinción en base a la manera de consumirlo; los bananos son los que se consumen como fruta fresca y los plátanos son los que se consumen cocinados, por tener más harina [9].

Nutricionalmente, son una fuente importante de macroelementos como el potasio y contienen ingredientes saludables como almidón resistente, fibra dietética, almidón de digestión rápida y lenta. Los oligosacáridos como fructooligosacáridos e inulina, polifenoles, catequina, epicatequina, epigallocatequina y ácido gálico son otros ingredientes presentes en los plátanos que han encontrado aplicación en la prevención de las contracciones musculares, regulación de la presión arterial, prevención del cáncer de colon y la diabetes. El empleo poscosecha del plátanos incluye su uso como alimento funcional, prebióticos, con probióticos, nutracéuticos y procesamiento en productos de valor agregado [8].

Algunas verduras y frutas son fuentes naturales de sustancias prebióticas, como la jícama, las alcachofas, los espárragos, el ajo, los puerros, las cebollas, la raíz de achicoria y la alcachofa de Jerusalén, así como los plátanos y las bayas [2]. Estas frutas son buenas fuentes de fibra y también contienen otros nutrientes esenciales.

### A. Fibra dietética

Los carbohidratos no digeribles pueden clasificarse en dos tipos, colónicos (fibra alimentaria) y prebióticos. Los ingredientes colónicos son carbohidratos que llegan al colon, sirven como sustrato para los microorganismos que lo habitan originando energía, sustratos metabólicos y micronutrientes para el hospedador. Dentro de este grupo se incluyen los polisacáridos estructurales de plantas, tales como pectinas, hemicelulosas o celulosa, gomas o algunos oligosacáridos derivados de la soja,

glucooligosacáridos y arabinooligosacáridos, principalmente. Los prebióticos realizan todas las actividades mencionadas anteriormente y, además, estimulan el crecimiento selectivo de determinadas especies beneficiosas como bifidobacterias y lactobacilos, de la microbiota intestinal [1].

Otros componentes de la fibra alimentaria como la pectina, la hemicelulosa y el almidón resistente de algunas fuentes también funcionan como prebióticos y estimulan la producción de ácidos grasos de cadena corta [10].

El plátano es una fruta con alto contenido de fibras no digeribles como celulosa, hemicelulosa y alfa-glucanos. Estas sustancias pueden ayudar a restaurar la actividad normal del intestino y ayudar con el estreñimiento y la diarrea. Los plátanos normalizan la función del colon para absorber grandes cantidades de agua para deposiciones regulares. Su utilidad nutritiva está relacionada con la concentración de pectina, que es absorbente de agua [11].

La fibra dietética puede tener efectos prebióticos mediados por la promoción de bacterias probióticas. Se ha evaluado la capacidad de mejorar la salud al inhibir la adhesión epitelial y la translocación por bacterias patógenas. La fibra soluble del plátano ha demostrado que es efectiva para bloquear la adherencia epitelial de la bacteria patógena *Escherichia coli* y la invasión y adhesión de bacterias patógenas a las células Caco-2, células humanas procedentes de carcinoma de colon. Esto representa un nuevo mecanismo por el cual las fibras dietéticas solubles podrían promover la salud intestinal y prevenir la diarrea infecciosa [12, 13].

Tabla I. Contenido de fibra dietética y almidón resistente en plátano maduro e inmaduro [14, 15].

Determinación g/100 g peso seco	Inmaduro con cáscara	Inmaduro sin cáscara	Maduro sin cáscara
Almidón total	68.42 ± 0.51	78.43 ± 1.83	-
Almidón resistente	33.86 ± 0.56	40.14 ± 0.34	-
Fibra total	15.52 ± 0.23	8.49 ± 0.67	1.8 ± 0.12
Fibra soluble	2.07 ± 0.26	1.34 ± 0.32	0.7 ± 0.06
Fibra insoluble	13.45 ± 0.34	7.15 ± 0.48	1.1 ± 0.06

### B. Fructanos: inulina y fructooligosacáridos

En la actualidad los oligosacáridos más estudiados y reconocidos con actividad prebiótica son los fructanos. Este es un término genérico empleado para describir a todos los oligo o polisacáridos de origen vegetal. La cantidad de fructanos presente en la dieta varía dependiendo de las costumbres alimentarias de la población y de la disponibilidad de alimentos que los contengan. Las fuentes más importantes de fructanos en la dieta son los derivados del trigo, cebollas, ajo, bananas y puerro [6].

Los fructanos son polímeros de fructosa derivados de la molécula de sacarosa, la cual es un disacárido de fructosa y glucosa. Los fructanos sintetizados en la naturaleza son solubles en agua y son azúcares no reductores. En la naturaleza se distinguen principalmente cinco clases estructurales de fructanos: inulina, levanos, mezclas de fructanos ramificados, neoserias de inulina y neoserias de levanos, como se muestra en la Tabla II. La inulina almacenada en raíz de chicoria (*Chicorium intybus*) y en tubérculos tienen en promedio un grado de polimerización de 10 a 30. Los fructanos con un grado de polimerización de 2 a 10 son comúnmente llamados fructooligosacáridos [1, 16, 17].

Los fructanos no son digeribles por las enzimas humanas. En la salud, estimulan el crecimiento de microorganismos beneficiosos en el intestino que limitan los patógenos y reducen el riesgo de cáncer de colon, aumentan significativamente la frecuencia de las heces y previenen el estreñimiento, influyen en

la absorción de calcio y mineralización ósea en jóvenes adolescentes, control del nivel de azúcar en sangre y requerimientos de insulina, reducción de los niveles plasmáticos de colesterol y triglicéridos y estimulación gastrointestinal del sistema inmune [17].

Tabla II. Clasificación de moléculas de fructanos [17].

<b>Fructanos</b>	<b>Descripción</b>	<b>Ejemplos</b>
Inulina	La inulina consiste en enlaces lineales (2-1) -β-D-fructosilo y está presente en la achicoria y la alcachofa de Jerusalén.	1-Kestosa o Isokestosa es la molécula de inulina más corta
Levanos,	Levanos consiste en unidades de fructosilo β-D lineales (2-6)	6-Kestosa es la molécula de levano más corta
Mezclas de fructanos ramificados	El tipo mixto levano consiste de dos (2-1) y (2-6) unidades de β-D-fructosil	
Neoseries de inulina	Las neoseries de inulina son unidades lineales (2-1) β-D-fructosil unidas a C1 y C6 de glucosa de la molécula de sacarosa.	La molécula más corta de neoseries de inulina y levanos de tipo mixto es la Neokestosa.
Neoseries de levanos	Las neoseries de levano son polímeros de residuos de fructosil predominantemente unidos a β (2-6) en cualquier extremo del resto de glucosa de la molécula de sacarosa.	La Bifurcosa es la molécula de neoseries de levano más corta.

Los FOS son oligosacáridos que se obtienen por hidrólisis de la inulina presente en productos vegetales, o mediante transfructosilación enzimática, a partir de sacarosa [1]. Se encuentran naturalmente en la miel, cerveza, cebolla, espárragos, centeno, avena, alcachofas, plátanos y chicoria ([6, 10, 18].

La dosis máxima permitida para adicionar un alimento formulado con inulina es hasta 10 g/día para dosis simple y, en dosis múltiples, hasta 20 g/día. En dosis mayores a las permitidas puede provocar intolerancia, como diarrea, ruidos intestinales y flatulencia [6]. Para FOS, se debe consumir más de 2 g diarios para percibir sus efectos prebióticos, lo que es difícil de conseguir con una dieta convencional. Lo que sí está claro es que el uso de productos enriquecidos no debe nunca sustituir el consumo de fibra contenida en frutas y verduras [10].

Los fructanos se encuentran presentes de forma natural en casi todas las variedades de *Musa*. Shalini y Antony [17] analizaron la concentración de fructanos en siete variedades de banano y se encontró que la variedad Nendran presentó el mayor contenido, 3.19 ± 0.04 g/100 g de fruta, Tabla III. También reportaron que la baja temperatura de maduración (16 °C) y el procesamiento, en puré, propician una mayor acumulación de fructanos en la fruta. Estos datos permitirán producir bananos, naturalmente altos en fructanos en la dieta y facilitarán el almacenamiento y procesamiento para la formulación nutricional.

Tabla III. Contenido de fructanos en variedades de plátano [17].

Variedad	Fructanos (g/100 g, peso seco)
Hill banana	2.22 ± 0.06
Karpooravalli	2.04 ± 0.07
Morris	ND
Nendran	3.19 ± 0.04
Poovan	ND
Rasthali	1.49 ± 0.01
Red banana	ND

ND = No detectable.

Los plátanos son una fuente excepcionalmente rica de fructooligosacáridos, un compuesto prebiótico que nutre bacterias probióticas en el colon. Estas bacterias beneficiosas producen vitaminas y enzimas digestivas que mejoran la capacidad del huésped de absorber nutrientes y compuestos que protegen contra microorganismos hostiles. Cuando los fructooligosacáridos son fermentados por las bacterias benéficas, no solo aumenta el número de bacterias probióticas, sino también la capacidad del cuerpo para absorber el calcio [11]. En banano fresco (*Musa paradisiaca*), el contenido de inulina fue de 0.5 g/100 g y el de oligofruktosa, 0.5 g/100 g [19], mientras que en *Musa cavendishii* se reportaron 2 g de inulina en 100g base seca [20]. La Tabla IV muestra valores de otros vegetales.

Tabla IV. Concentración de inulina y oligofruktosa en algunos vegetales [19].

Fuente	Inulina	Oligofruktosa
Espárrago	2.5	2.5
Raíz de chicoria	17.5	9.6
Ajo	12.5	5.0
Puerros	6.5	5.2
Cebollas	4.3	4.3
Cebada	0.8	0.8
Centeno	0.7	0.7

### C. Pectina

Los carbohidratos de la pared celular de los vegetales de la dieta son importantes para modular la composición y el metabolismo de la microbiota intestinal compleja, lo que puede afectar la salud. La pectina es un componente principal de las paredes celulares de las plantas. Estudios realizados con sistemas modelo, aislados y genomas bacterianos disponibles, la capacidad de utilizar pectinas para el crecimiento está muy extendida entre bacteria benéficas colónicas. Estos hallazgos sugieren la posibilidad de explorar más el potencial prebiótico de la pectina y sus derivados para reequilibrar la microbiota hacia un perfil antiinflamatorio [21].

Yen-Yi *et al.* [22] evaluaron pectina cítrica hidrolizada enzimáticamente a concentraciones de 1 %, 2 %, y 4 % como estimulantes del crecimiento de dos bacterias probióticas: *Bifidobacterium bifidum* y *Lactobacillus acidophilus*. Observaron poblaciones significativamente más altas cuando los dos probióticos se incubaron en medio suplementado con 2 % de pectina hidrolizada, que en glucosa y el control negativo. La adición de 2 % de pectina dio como resultado un aumento significativo en la población de probióticos, mayor que con los probióticos comerciales. Este estudio demostró que la pectina de los cítricos podría ser un prebiótico eficaz para mejorar el crecimiento, la fermentación, la tolerancia a los ácidos y la supervivencia en la leche sin grasa para los probióticos probados.

Sen *et al.* [23] evaluaron el efecto de la pectina extraída de la cáscara de manzana, limón y naranja en el crecimiento de los organismos probióticos promotores de la salud como *Bifidobacterium bifidum* y *Lactobacillus acidophilus* mediante su incorporación en los medios de crecimiento. Se encontró que las pectinas extraídas de los diferentes residuos de fruta mejoraron los recuentos de los organismos evaluados a diferentes pH que varían de pH 2 a 8. Esto indica claramente que la presencia de pectina como prebiótico apoya el crecimiento y la supervivencia de los probióticos en el tracto gastrointestinal en condiciones extremadamente ácidas a alcalinas. De igual manera, estos resultados sugieren que las frutas de desecho y las cáscaras de frutas pueden ser fuente de pectina con propiedades prebióticas. Además, es una opción efectiva para el manejo de desechos alimentarios.

Min *et al.* [24] evaluaron las propiedades de fermentación de pectina con alto contenido de metoxilo, pectina de remolacha, pectina de soya y fructooligosacárido (control positivo) considerando su utilidad como alimentos funcionales, particularmente relacionados con la salud del colon. Ciertos efectos beneficiosos de los carbohidratos en humanos pueden asociarse a microorganismos y sus metabolitos, como los ácidos grasos de cadena corta. Se encontró que al fermentar pectina con microorganismos fecales, especialmente con la pectina de soya, se obtuvo una producción estimulada de ácidos grasos de cadena corta totales y de la microbiota fecal humana. Por lo tanto, las muestras de pectina pueden alterar la composición de la microbiota fecal y mejorar la salud del colon.

La dureza del plátano verde se debe al hecho de que las células se mantienen unidas mediante una sustancia insoluble conocida como protopectina. A medida que la fruta madura, la protopectina cambia a pectina y, finalmente, a varios cuerpos semiácidos y ácidos. La pectina absorbe agua para formar una gelatina, siempre que la concentración de azúcar sea la correcta y el pH esté en el punto óptimo. Ni la protopectina ni el ácido pectínico forman una gelatina. A medida que la protopectina se transforma en pectina, la fruta adquiere una textura suave, porque las paredes celulares ya no se mantienen juntas mediante la protopectina. Durante la maduración, la pectina total (protopectina más pectina) permanece prácticamente constante, pero la pectina aumenta hasta que la fruta se vuelve demasiado madura, y en ese momento una buena parte de la misma se ha transformado en cuerpos ácidos y semiácidos. Esta es la explicación generalmente dada para explicar el ablandamiento de la fruta durante la maduración [25].

En plátano se ha reportado un contenido de pectina entre 0.59 y 1.28 %. El valor del rango inferior fue para el total de sustancias pécticas (como pectato de calcio), mientras que el valor más alto fue para las sustancias pécticas totales de este cultivo después de 5 días de almacenamiento en una sala de maduración. Los valores para este y otros dos cultivos madurados durante nueve días variaron de 0.58 a 0.89 %, con un promedio de 0.73 % [26].

En un estudio realizado por Khawas *et al.* [27], se analizó la concentración de pectina en banano de cocción *Musa* ABB. Esta fruta es un ingrediente importante de varios platillos y una de las riquezas nutricionales importantes de una dieta balanceada en el noreste de la India. Se analizaron de cinco estados de crecimiento y se analizó la concentración de pectina, como se observa en la Tabla V.

Tabla V. Concentración de pectina en *Musa* ABB a diferentes estados de desarrollo [27].

Estados de desarrollo	Días después de la emergencia de inflorescencia	Pectina (mg/100g)
I	20	0.92 ± 0.15
II	35	1.27 ± 0.10
III	50	1.37 ± 0.05
IV	65	1.26 ± 0.04
V	80	0.81 ± 0.13

#### D. Almidón resistente

El almidón resistente se define como la cantidad total de almidón y los productos de la degradación del almidón que resisten la digestión en el intestino delgado. En el colon son fermentados por la microbiota intestinal donde producen una variedad de productos que incluyen ácidos grasos de cadena corta que pueden proporcionar una gama de beneficios fisiológicos [28]. Su contenido en diversas fuentes varía de 12 a 45 g/kg en peso seco [7].

Su gran interés nutricional se asocia con sus efectos fisiológicos, similares a los de la fibra dietética. Uno de los intereses es su potencial para usarse como prebiótico. Un almidón resistente debe cumplir



tres criterios para clasificarse como prebiótico: resistencia al medio gastrointestinal superior, fermentación por la microbiota intestinal y estimulación selectiva del crecimiento y actividad de las bacterias beneficiosas. Los carbohidratos nuevos, como el almidón resistente de diversas fuentes de almidón, pueden contribuir al avance de la industria prebiótica [28, 29].

La mayoría de los productos comerciales contienen bacterias (lactobacilos y bifidobacterias) que son especies dominantes en los lactantes alimentados con leche, pero tienen un papel limitado en los adultos. La prebiosis se define generalmente por la estimulación específica de estas bacterias. Sin embargo, los productos finales de la mayoría de los probióticos no incluyen butirato o propionato, lo que plantea dudas sobre su efectividad para promover la salud intestinal en adultos [30].

El almidón resistente es un componente de fibra dietética y su fermentación generalmente favorece la producción de butirato. El butirato constituye un sustrato de energía principal para los colonocitos y se asocia con beneficios en relación con la salud del colon. Los almidones que escapan a la digestión llegan al colon donde promueven el crecimiento de una microbiota ventajosa específica (probióticos) mediante el suministro de alimentos y energía, al mismo tiempo que influyen en la expresión génica de la microbiota [29].

El almidón resistente no se considera ampliamente como un prebiótico, pero de acuerdo con la definición aceptada, la mayoría de las formas muestran las características necesarias para estimular bacterias específicas, dando niveles totales aumentados de AGCC y butirato con un consiguiente beneficio para el huésped. Los esfuerzos actuales para mejorar la salud pública a través del aumento del consumo de almidón resistente podrían verse facilitados por un mayor reconocimiento de su papel prebiótico [30].

Se ha recomendado el uso de almidón resistente en composiciones probióticas para estimular el potencial de crecimiento de microorganismos beneficiosos tales como *Bifidobacterium*, dado que el almidón resistente pasa completamente por el intestino delgado y se comporta como un sustrato para el crecimiento de los microorganismos probióticos [31]. Además, el mejor enfoque de la simbiosis prebiótico-probiótico se logra por encapsulación, aunque otros biocompuestos alimentarios también se pueden encapsular utilizando almidón resistente [29].

El plátano inmaduro es una fuente importante de almidón resistente, que es utilizado por la microbiota colónica para la producción anaeróbica de ácidos grasos de cadena corta que sirven como fuente principal de combustible para colonocitos. Se ha encontrado que la harina de plátano verde produce efectos protectores sobre la inflamación intestinal actuando como un prebiótico [32].

En ratas, el efecto protector producido por una combinación de 10 % de harina de plátano verde y el medicamento Prednisolona fue más pronunciado que aquellos promovidos por una sola administración del medicamento o una dieta con 10 % o 20 % de harina de plátano. El uso de la harina de plátano verde constituye un importante suplemento dietético y un producto de medicina complementario para la prevención y el tratamiento de la enfermedad inflamatoria intestinal humana [32].

Investigaciones realizadas por Dangsungnoen *et al.* [33] evaluaron cuatro fuentes de almidón resistente en el crecimiento de *Lactobacillus acidophilus* TISTR 1338 y *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* TISTR 895: caupí negro (*Vigna unguiculata*), plátano verde (*Musa sapientum*), harina de arroz retrogradada (*Oryza sativa*) y almidón resistente comercial. Los resultados indicaron que el plátano verde y la harina de arroz retrogradada fueron capaces de promover la supervivencia de las bacterias ácido lácticas.

En un estudio realizado por Olvera-Hernández *et al.* [34], se determinaron los efectos del almidón resistente de banano gran enano (*Musa cavendish*) sobre los cambios metabólicos en sangre de ratas con dieta alta en sacarosa. La suplementación con almidón resistente nativo de banano gran enano, mostró

cambios benéficos en la homeostasis de glucosa y los niveles de lípidos séricos de ratas con dieta alta en sacarosa. Posteriores estudios son necesarios para estudiar el mecanismo de acción del almidón resistente.

La harina de plátano verde es abundante en almidón resistente. El almidón resistente de plátano ha demostrado efectos fisiológicos positivos en los ensayos clínicos. Hoffmann *et al.* [35] evaluaron harinas de plátano comerciales y encontraron concentraciones de almidón resistente entre 10 % y 40 %. La gran variabilidad en el contenido de almidón resistente es una de las razones por las cuales los consumidores se beneficiarían de información adicional de etiquetado. La Tabla VI muestra las concentraciones de almidón resistente en algunas variedades de plátanos, mostrando rangos mayores a las harinas comerciales, lo que sugiere la adición de harinas de otras fuentes.

Tabla VI. Contenido de almidón disponible y resistente en variedades de plátano [36, 37, 38].

Variedades	Almidón disponible (%)	Almidón resistente (%)
<i>Musa cavendishii</i>	47.07	21.06
<i>Musa paradisiaca</i>	48.59	24.82
Plátano cuadrado	38.68	55.08
Plátano macho	46.96	49.98
Banano variedad Filipino	43.16	56.84
Banano variedad Valery	41.43	58.57
Banano variedad Cavendish	50.67	49.33
Banano variedad Orito	47,19	52.81

### E. Cáscara

El principal subproducto del proceso industrial del plátano, es la cáscara la cual representa aproximadamente el 30 % del peso del fruto. Es fuente de fibra dietética, proteínas, aminoácidos esenciales, ácidos grasos poliinsaturados y potasio. Se considera que puede ser una fuente potencial de sustancias antioxidantes y antimicrobianas, así como compuestos fitoquímicos con actividad contra radicales libres [39].

La cáscara de plátano tiene un alto contenido de fibra dietética, alrededor de 50 g/100g, por lo que es una buena fuente de este compuesto. Se ha determinado que la maduración del plátano muestra un impacto positivo en la composición de la fibra de la cáscara, compuesta principalmente de celulosa, lignina, hemicelulosa y pectina. Diversos estudios epidemiológicos han demostrado que las dietas con una ingesta disminuida de fibra están relacionadas con la aparición de ciertas patologías como el cáncer de colon y la aterosclerosis. La fibra dietética ha cobrado interés en los últimos años debido a los efectos benéficos que presenta para la salud ya que ayuda a la reducción del colesterol en la sangre y desarrollo de la flora intestinal, mejora el control de la glucemia y la sensibilidad a la insulina en los individuos diabéticos, facilitando la pérdida de peso. Actualmente, es uno de los principales ingredientes en alimentos funcionales y se está incorporando progresivamente a todo tipo de alimentos y bebidas [39].

La cáscara de plátano verde se obtiene posterior al aislamiento del almidón o la producción de harina. El principal componente de la fibra dietética de cáscara de plátano es la fracción insoluble con mayor contenido de celulosa, hemicelulosa y lignina. El ácido urónico, de los monosacáridos ácidos, predominó en la fracción insoluble, mientras que en la fracción soluble fue la manosa. Se encontró una cantidad baja de polifenoles extraíbles, pero con alta capacidad antioxidante. La capacidad de retención de agua y aceite incrementaron directamente con el incremento de la temperatura. La harina de cáscara de plátano con alto contenido de fibra dietética, alta capacidad antioxidante y características funcionales, puede ser utilizada como ingrediente funcional para la elaboración de alimentos [40].



Tabla VII. Composición química de la harina de cáscara de plátano [40, 41].

Componente	Concentración (%)
Fibra dietética total	49.90
Fibra dietética soluble	20.51
Fibra dietética insoluble	29.39

### III. CONCLUSIONES

A nivel mundial, el consumo de plátano en las zonas tropicales húmedas ocupa el primer lugar en consumo. En México el término plátano se usa tanto para los bananos como para los plátanos. En otros países los bananos se consumen frescos y los plátanos, cocinados. El consumo de plátanos y bananos es una fuente de sustancias con propiedades funcionales. En el plátano maduro, la inulina y los fructooligosacáridos son los principales componentes, mientras que en el plátano inmaduro, son la fibra dietética y el almidón resistente. La actividad prebiótica de la inulina y los fructooligosacáridos ha sido ampliamente demostrada. Sin embargo, otros componentes como el almidón resistente y la pectina, componentes de la fibra dietética, aún continúan en investigación. El empleo poscosecha del plátano incluye su uso como alimento funcional, prebióticos, con probióticos, nutracéuticos y procesado en productos de valor agregado.

### REFERENCIAS

- [1] Corzo, N., Alonso, J., Azpiroz, F., Calvo, M., Cirici, M., Leis, R., Lombó, F., Mateos-Aparicio, I., Plou, F., Ruas-Madiedo, P., Rúperez, P., Redondo-Cuenca, A., Sanz, M. y Clemente, A. (2015). Prebióticos; concepto, propiedades y efectos beneficiosos. *Nutr Hosp.* 31, Supl. 1, 99-118.
- [2] Rolim, P. (2015). Development of prebiotic food products and health benefits. *Food Sci. Technol, Campinas*, 35(1): 3-10.
- [3] Oliveira, G. y González-Molero, I. (2007). Probióticos y prebióticos en la práctica clínica. *Nutr Hosp.* 22, Supl. 2, 26-34.
- [4] Abreu y Abreu, A. T. (2014). Probióticos, prebióticos y simbióticos. *Revista de Gastroenterología de México.* 2014;79(Supl 1):17-18.
- [5] Ahmad, M., Gul-Zaffar, Z. y Habib, M. (2014). A review on Oat (*Avena sativa* L.) as a dual-purpose crop. *Sci. Res. Essays.* 9, 4, 52-59.
- [6] Olagnero, G., Abad, A., Bendersky, S., Genevois, C., Granzella, L. y Montonati, M. (2007). Alimentos funcionales: fibra, prebióticos, probióticos y simbióticos. *DIAETA (B. Aires).* 25, 121, 20-33.
- [7] Dwivedi, S., Sahrawat, K., Puppala, N. y Ortiz, R. (2014). Plant prebiotics and human health: Biotechnology to breed prebiotic-rich nutritious food crops. *Electronic Journal of Biotechnology.* 17, 238-245.
- [8] Anyasi, T., Jideani, A. y Mchau, G. (2013). Functional properties and postharvest utilization of commercial and noncommercial banana cultivars. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety.* 12, 509-522.
- [9] Garrido-Ramírez, E., Hernández-Gómez, E. y Noriega-Cantú, D. (2011). Manual de producción de banano para la región del Soconusco. Estrategias para el Manejo de la Sigatoka Negra. Folleto Para Productores N° 10. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Centro de Investigación Regional Pacífico Sur. Campo Experimental Centro de Chiapas, Ocozocoautla de Espinosa, Chiapas, México. 35 p.

- [10] Gimeno, E. (2004). Alimentos prebióticos y probióticos. La polémica científica sobre sus beneficios. *OFFARM*. 23, 5, 90-98.
- [11] Sampath, K., Bhowmik, D., Duraivel, S. y Umadevi, M. (2012). Traditional and medicinal uses of banana. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*. 1, 3, 57-63.
- [12] Roberts, C., Keita, Á., Parsons, B., Prorok-Hamon, M., Knight, P., O’Kennedy, N., Söderholm, J., Rhodes, J. y Campbell, B. (2011). Soluble plantain fibre blocks epithelial adhesion and M-cell translocation of intestinal pathogens. *Gut*. 60, Suppl I, A96.
- [13] Ruiz-Cabello, L., Puerto, M., Gutiérrez-Praena, D., Pichardo, S., Jos, A. y Cameán, A. (2013). Estudio in vitro de la viabilidad de células Caco-2 en presencia de componentes del aceite esencial de *Allium* spp. *Revista de Toxicología*. 30, 2, 144-148.
- [14] Bezerra, C., Da Cruz, A., Amante, E. y Meller, L. (Nutritional potential of green banana flour obtained by drying in spouted bed. *Rev. Bras. Frutic., Jaboticabal – SP*. 35, 4, 1140-1146.
- [15] Ramulu, P. y Udayasekhara, P. (2003). Total, insoluble and soluble dietary fiber contents of Indian fruits. *Journal of Food Composition and Analysis*. 16, 677-685.
- [16] Ulloa, J., Espinosa, H., Cruz, G., Ulloa P., Ulloa, B. y Ramírez, J. (2010). Los fructanos y su papel en la promoción de la salud. *Revista Fuente*. 2, 5, 57-62.
- [17] Shalini, R., & Antony, U. (2015). Fructan distribution in banana cultivars and effect of ripening and processing on Nendran banana. *Journal of Food Science and Technology*, 52(12), 8244–8251. <http://doi.org/10.1007/s13197-015-1927-8>.
- [18] Hernández-Carranza, P. y Jiménez-Munguía, M. (2010). Propiedades funcionales y aplicaciones industriales de los fructo-oligosacáridos. *Temas Selectos de Ingeniería de Alimentos*. 4, 1, 1-8.
- [19] Schaafsma, G. y Slavin, J. (2015). Significance of inulin fructans in the human diet. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. 14, 37-47.
- [20] Lara, L. (2011). INULINA: Polisacárido con interesantes beneficios a la salud humana y con aplicación en la industria farmacéutica. *InFARMAte*. 7, 27, e99-e106.
- [21] Chung, W., Meijerink, M., Zeuner, B., Holck, J., Louis, P., Meyer, A., Wells, J., Flint, H. y Duncan, S. (2017). Prebiotic potential of pectin and pectic oligosaccharides to promote anti-inflammatory commensal bacteria in the human colon. *FEMS Microbiol Ecol*. 93, 11.
- [22] Yen-Yi, H., Chia-Min, L., Ming-Chang, W. (2017). Evaluation of the prebiotic effects of citrus pectin hydrolysate. *Journal of Food and Drug Analysis*. 25, 3, 550-558.
- [23] Sen, A., Manuel, S. y Kale, R. (2014). Fruit waste pectin in enhancing the establishment of probiotic bacteria. *J Nutr Health Food Eng*. 1, 3, 01-04.
- [24] Min, B., Koo, O.K., Park, S.H., Jarvis, N., Ricke, S.C., Crandall, P.G. and Lee, S.-O. (2015) Fermentation Patterns of Various Pectin Sources by Human Fecal Microbiota. *Food and Nutrition Sciences*, 6, 1103-1114.
- [25] Von Loesecke, H. (1930). The banana – A challenge to chemical investigation. *J. Chem. Educ*. 7, 7, 1537.
- [26] Baker, R., (1997). Reassessment of some fruit and vegetable pectin levels. *Journal Of Food Science*. 62, 2, 225-229.
- [27] Khawas, P., Das, A., Sit, N., Badwaik, L. y Deka, S. (2014). Nutritional composition of culinary musa abb at different stages of development. *American Journal of Food Science and Technology*. 2, 3, 80-87.
- [28] Zaman, S. y Sarbini, S. (2016). The potential of resistant starch as a prebiotic. *Journal Critical Reviews in Biotechnology*. 36, 3, 578-584.
- [29] Fuentes-Zaragoza, E., Sánchez-Zapata, E., Sendra, E., Sayas, E., Navarro, C., Fernández-López, J. y Pérez-Álvarez, J. (2011). Resistant starch as prebiotic: A review. *Starch*. 63, 406-415.
- [30] Bird, A., Conlon, M., Christophersen, C. y Topping, D. (2010). Resistant starch, large bowel fermentation and a broader perspective of prebiotics and probiotics. *Beneficial Microbes*. 1, 4, 423-431.

- [31] Ashraf, S., Anjum, F., Nadeem, M. y Riaz, A. (2012). Functional & technological aspects of resistant starch. *Pakistan Journal of Food Sciences*. 22, 2, 90-95.
- [32] Scarminio, V., Fruet, A., Witaicenis, A., Rall, B., y Di Stasi, L. (2012). Dietary intervention with green dwarf banana flour (*Musa sp AAA*) prevents intestinal inflammation in a trinitrobenzenesulfonic acid model of rat colitis. *Nutrition Research*. 32, 3, 202-209.
- [33] Dangsungnoen, P., Moongngarm, A. y Deeseenthum, S. (2012). Comparison of resistant starch content and survival of *Lactobacillus spp.* on four different sources of resistant starch. *International Conference on Life Science and Engineering, IPCBEE*. 45, 16, 79-83.
- [34] Olvera-Hernández, V., Aparicio-Trápala, M., Ble-Castillo, J., Muñoz-Cano, J. y Rodríguez-Blanco, L. (2012). Efecto del almidón resistente de banano (*Musa cavendish AAA*) sobre el control metabólico en ratas wistar con dieta alta en sacarosa. *Universidad y Ciencia, Trópico Húmedo*. 28, 1, 51-56.
- [35] Hoffmann, F., De Lima, F., Lopes, N., Santos, A., Tobaruela, E., Katoc, E. y Menezes, E. (2016). Identification of carbohydrate parameters in commercial unripe banana flour. *Food Research International*. 81, 203-209.
- [36] Soto, V. (2010). Cuantificación de almidón total y de almidón resistente en harina de plátano verde (*Musa cavendishii*) y banana verde (*Musa paradisíaca*). *Revista Boliviana de Química*. 27, 2, 94-99.
- [37] Jiménez-Vera, R., González-Cortés, N., Magaña-Contreras, A. y Corona-Cruz, A. (2011). Contenido de almidón resistente en alimentos consumidos en el sureste de México. *UNACAR Tecnociencia*. 5, 2, 27-34.
- [38] Martínez-Mora EO. Caracterización morfológica y contenido de almidón resistente y disponible en bananos (*Musa sapientum*) exportables del Ecuador. *Rev Esp Nutr Hum Diet*. 19, 3, 153-159.
- [39] Blasco, G. y Gómez, F. (2014). Propiedades funcionales del plátano (*Musa sp*). *Rev Med UV*, Julio - Diciembre 2014.
- [40] Agama-Acevedo, E., Sañudo-Barajas, J., Vélez, R., González-Aguilar, G. y Bello-Peréz, L. (2016) Potential of plantain peels flour (*Musa paradisiaca L.*) as a source of dietary fiber and antioxidant compound, *CyTA - Journal of Food*. 14, 1, 117-123.
- [41] Chávez-Zepeda, L., Cruz-Méndez, G., Gracia, L., Díaz-Vela, J. y Pérez-Chabela, M. (2009). Utilización de subproductos agroindustriales como fuente de fibra para productos cárnicos. *Nacameh*. 8, 2, 71-82.