





Efectos en la salud de la harina de plátano verde (*Musa paradisiaca* L.): el rol de compuestos biofuncionales. Revisión sistemática

Diana Lizbeth Saucedo-Fernández¹ , Elia Herminia Valdés-Miramontes¹ ,
Virginia Gabriela Aguilera Cervantes¹ , Luis Alberto Anguiano Sevilla² .

Resumen: Efectos en la salud de la harina de plátano verde (*Musa paradisiaca* L.): el rol de compuestos biofuncionales. Revisión sistemática. **Introducción:** El plátano es un fruto con una corta vida útil al tener una acelerada madurez, lo que genera desperdicio. La harina de plátano verde (HPV) surge como producto alternativo para fomentar la sostenibilidad. Es considerada un ingrediente funcional debido a su alto contenido de almidón resistente, el cual tiene efectos positivos sobre la microbiota intestinal, la saciedad, el peso corporal y el metabolismo tanto de la glucosa como de los lípidos. **Objetivo.** Determinar los beneficios y efectos en la salud de la harina de plátano verde y sus componentes biofuncionales. **Materiales y método.** La búsqueda de artículos originales (publicados entre enero de 2019 y febrero de 2024) se realizó en las plataformas Science Direct, PubMed y ProQuest Central. Se excluyeron revisiones sistemáticas, duplicados, tesis, libros e investigaciones fisicoquímicas. **Resultados.** Los ensayos *in vivo* revisados demostraron que la HPV o sus componentes redujeron significativamente las toxinas urémicas en pacientes en diálisis peritoneal, mejoraron el control y la variabilidad glucémica en pacientes con diabetes tipo 2, contribuyeron al tratamiento del estreñimiento crónico, mostraron efectos metabólicos beneficiosos en ratones obesos, protegieron contra el daño visceral inducido por hiperglucemia en ratas diabéticas, e identificaron metabolitos derivados del plátano en la orina como biomarcadores de ingesta con implicaciones para la salud metabólica y mental. **Conclusiones.** Los estudios analizados sugieren que el plátano verde y sus derivados, gracias a componentes como el almidón resistente y compuestos fenólicos, continúan siendo un elemento valioso con potencial para el tratamiento de enfermedades, destacando principalmente gástricas y metabólicas. **Arch Latinoam Nutr 2026; 76(1): 57-67.**

Palabras clave: Plátano verde; alimento funcional; microbiota; salud.

Abstract: Health effects of green banana (*Musa paradisiaca* L.) flour: the role of resistant starch. **Systematic review. Introduction:** The banana is a fruit with a short shelf life due to its accelerated maturity, which generates waste. Green Banana Flour (GBF) emerges as an alternative product to promote sustainability. It is considered a functional ingredient due to its high content of resistant starch, which has positive effects on gut microbiota, satiety, body weight, and both glucose and lipid metabolism. **Objective.** Determine the benefits and health effects of GBF and its biofunctional components. **Materials and methods.** The search for original articles (published between January 2019 and February 2024) was performed on Science Direct, PubMed, and ProQuest Central platforms. Systematic reviews, duplicates, theses, books, and physicochemical investigations were excluded. **Results.** The *in vivo* trials reviewed demonstrated that GBF or its components significantly reduced uremic toxins in patients on peritoneal dialysis, improved glycemic control and variability in patients with type 2 diabetes, contributed to the treatment of chronic constipation, showed beneficial metabolic effects in obese mice, protected against hyperglycemia-induced visceral damage in diabetic rats, and identified banana-derived metabolites in urine as biomarkers of intake with implications for metabolic and mental health. **Conclusions.** The studies analyzed suggest that green banana and its derivatives, due to components such as resistant starch and phenolic compounds, continue to be a valuable element with potential to treat diseases, particularly gastric and metabolic disorders. **Arch Latinoam Nutr 2026; 76(1): 57-67.**

Keywords: Green banana; Functional food; Microbiota; Health.

Introducción

El plátano verde es considerado un alimento funcional, ya que es fuente importante de almidones resistentes (AR), polifenoles, además contiene vitaminas A y C, minerales como el fósforo, potasio y zinc. El almidón resistente es una fibra fermentable que se resiste a la digestión en el estómago e

¹Instituto de Investigaciones en Comportamiento Alimentario y Nutrición (IICAN), Universidad de Guadalajara, México. ²Departamento de Farmacología, Centro Universitario de Ciencias Exactas e Ingenierías, Universidad de Guadalajara, México. Autor para la correspondencia: Elia Herminia Valdés Miramontes, e-mail: eliaav@cusur.udg.mx



intestino delgado para ser fermentado por la microbiota intestinal (1) contribuyendo así al adecuado funcionamiento del colon, lo cual tiene efectos sobre la saciedad, el peso corporal y el metabolismo tanto de la glucosa como de los lípidos (1, 2, 3). Los diferentes tipos de almidones resistentes al ser fermentados en el intestino grueso estimulan la proliferación de la microbiota intestinal que produce ácidos grasos de cadena corta (AGCC).

Estos AGCC ejercen efectos antiinflamatorios contribuyendo a la disminución del riesgo de enfermedades crónicas (3). En modelos animales se ha observado que el consumo de almidones resistentes puede mejorar la tolerancia a la glucosa, la morfología de los islotes de las células pancreáticas y aumento del número de células β (1,2). Su consumo regular se asocia con la reducción de cLDL y triglicéridos, mejora la respuesta inmune intestinal, el estrés oxidativo, contribuye a la salud ósea y muscular por su aporte en magnesio y potasio (1, 2, 3). La harina de plátano verde (HPV) mejoró algunos marcadores inflamatorios como hsCRP, IL-6, IL-10 y TNF- α , en pacientes con enfermedad renal (4).

Por otra parte, el cultivo de plátano (*Musa spp.*) registra una de las tasas más altas de pérdidas durante la etapa de producción primaria. Fenómenos meteorológicos adversos provocan la caída prematura y daños mecánicos en los frutos; si bien esto no compromete su integridad nutricional ni funcional (5), sí impide su comercialización como fruto fresco bajo estándares de calidad (6). En México la pérdida o desperdicio de alimentos impacta la economía, representando hasta el 2.5% del Producto Interno Bruto (PIB) y genera una huella ambiental estimada en 36 millones de toneladas de CO₂ (7). A nivel regional, Colima es el estado con mayor afectación respecto a la pérdida de frutos de plátano, reportando hasta un 30% de la producción total (8) y pérdidas económicas cercanas a los 100 millones de pesos (9). Como estrategia de valorización para mitigar el desperdicio del fruto inmaduro, se ha desarrollado la harina de plátano verde (HPV) (1). Este ingrediente es factible para su incorporación en diversas matrices

alimentarias sin alterar sus propiedades sensoriales (10). Asimismo, el proceso de deshidratación potencia sus beneficios (10, 11) al concentrar mayor cantidad de almidón resistente (AR) que la pulpa fresca, favoreciendo así la respuesta glucémica e insulinémica posprandial (3). El presente trabajo expone una revisión sistemática de investigaciones en modelos *in vitro* e *in vivo* que evaluaron los beneficios de la HPV en la salud."

Estrategia metodológica

El proceso de selección se encaminó a dar respuesta a la pregunta de investigación: ¿Cuál es la evidencia científica de los beneficios del consumo de la harina de plátano verde en la salud? La recolección de fuentes se realizó de manera manual y colectiva en la que dos de los autores participaron en la obtención de los datos de los artículos seleccionados, seguida de una revisión por el total de los autores para garantizar la precisión y el control de errores en la información recolectada. Toda discrepancia surgida entre los revisores fue resuelta mediante discusión y consenso mutuo, en caso de no alcanzar un acuerdo, se recurrió a la intervención de un tercer autor como medidor final.

Las variables extraídas y categorizadas incluyeron el objetivo del estudio relacionado con la salud, el tipo de tratamiento o intervención para determinar si se realizaron ensayos *in vivo*, *in vitro* o modelos mixtos, y la descripción de los participantes, sujetos o muestras, incluyendo modelos humanos con algún padecimiento, animales murinos y cepas microbianas *in vitro*. Asimismo, se registraron las variables o mediciones principales como parámetros bioquímicos, toxinas, heces, crecimiento de probióticos y composiciones nutricionales junto con la metodología analítica empleada para cada variable. Los resultados más relevantes de cada investigación como variabilidad en parámetros bioquímicos, efectos prebióticos o anticancerígenos. Se buscaron investigaciones en inglés y en español, sin embargo, los artículos que conformaron los resultados fueron publicados en inglés.

Los criterios de inclusión fueron consultar artículos originales publicados de enero de 2019 a febrero de 2024, la búsqueda se realizó del 01 de marzo al 05 de abril del 2024. Los criterios de exclusión fueron las revisiones sistemáticas o narrativas, duplicados, tesis, libros, también se excluyeron investigaciones fisicoquímicas y en las que se haya fermentado el plátano ya que no eran temas que guiaran esta revisión.

Se utilizaron las plataformas *Science Direct*, *PubMed* y *ProQuest Central*. En cada una de las bases de datos se realizó la búsqueda de artículos utilizando las combinaciones de palabras “resistant starches AND gut microbiota AND unripe banana”, “resistant starches AND gut microbiota AND musa paradisiaca”, “(resistant starch AND microbiota) AND unripe banana”, “(resistant starch AND microbiota) AND musa paradisiaca”, “(resistant starch AND microbiota) AND unripe banana AND dietary supplement”, “(resistant starch AND microbiota) AND musa paradisiaca AND dietary supplement”, “(resistant starch AND microbiota) AND unripe banana AND prebiotic effect”, “(resistant starch AND microbiota) AND musa paradisiaca AND prebiotic effect”, “(tannins AND green banana) AND gut microbiota”, “(tannins AND musa paradisiaca) AND gut microbiota”, “(hydrolysable tannins AND green banana) AND gut microbiota”, “(oligosaccharides AND unripe banana) AND gut microbiota”, “(oligosaccharides AND musa paradisiaca) AND gut microbiota”. Para cada ecuación de búsqueda se conservaron los filtros de fechas y tipos de documentos mencionados anteriormente mediante las herramientas automáticas de búsqueda presentes en las bases de datos.

Resultados

Considerando los criterios de inclusión y las combinaciones de palabras utilizadas en la metodología, se identificaron un total de 2,854 artículos a partir de las bases de datos *Science Direct*, *PubMed* y *ProQuest Central*, posteriormente se excluyeron aquellos artículos marcados como no elegibles por herramientas automáticas (n=2,816), además de artículos duplicados (n=10). Fueron seleccionados 28 artículos, de los cuales, 7 fueron excluidos por ser estudios físico químicos, y 3 por incluir muestras de plátanos fermentados. Esta actividad fue realizada por dos de los autores quienes a la vez evaluaron de manera puntual los artículos que cumplieron con los criterios de inclusión (Figura 1).

Las Tablas 1, 2 y 3 muestran los aspectos más relevantes de los 18 ensayos *in vivo*, *in vivo in vitro* e *in vitro* de la presente revisión sistemática debido a sus resultados asociados a los efectos de la HPV en la salud en virtud de sus componentes funcionales y nutricionales.

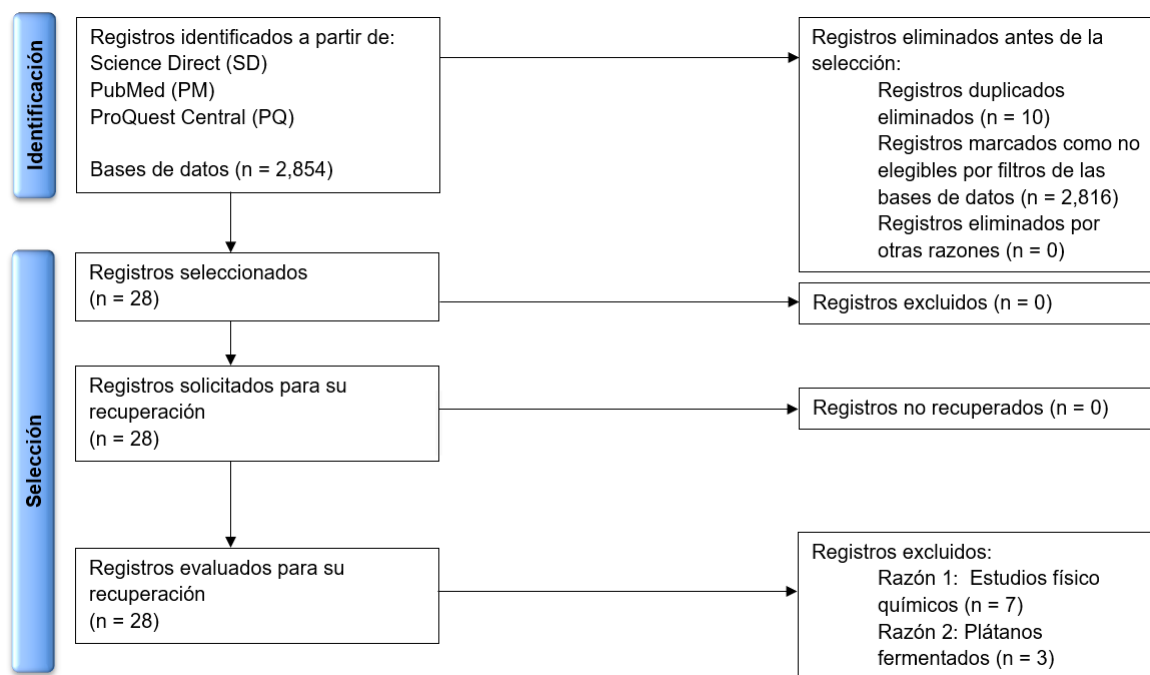


Figura 1. Identificación de estudios a través de bases de datos y registros

Tabla 1. Ensayos *in vivo*.

Objetivo	Tratamiento	Participantes/ Sujetos	Variables	Metodología	Resultados	Referencias
Evaluar si la HPV puede reducir los niveles séricos de toxinas urémicas (IS, pCS y AIA) en pacientes en diálisis peritoneal, con el fin de mitigar la inflamación y la progresión de la enfermedad renal.	Harina de plátano verde.	Pacientes de ambos sexos de 18 a 80 años sometidos a diálisis peritoneal. Se excluyeron aquellos con enfermedades inflamatorias intestinales, cirrosis, cáncer, virus de inmunodeficiencia humana, infecciones recientes o que habían tomado prebióticos, probióticos o antibióticos recientemente.	Niveles de IS, pCS y AIA en orina. Marcadores inflamatorios como hsCRP, IL-6, IL-10 y TNF- α en suero. Además de ingesta dietética.	Pacientes en diálisis peritoneal recibieron 21 g/día de HPV o 12 g/día de placebo por 4 semanas, con un período de lavado antes de intercambiar tratamientos. Se evaluaron toxinas urémicas mediante suero, marcadores inflamatorios mediante el kit de 3-citoquina Milliplex MAP y la ingesta dietética mediante el registro de alimentos, entrevista con dietista y software Nutwin.	La HPV redujo significativamente las toxinas urémicas IS, pCS y AIA, mejoró algunos marcadores inflamatorios hsCRP, IL-6, IL-10 y TNF- α , sugiriendo un beneficio para la salud renal. No hubo cambios en la ingesta dietética habitual de los participantes.	(4)
Evaluar los efectos del AMD, APN y AMAA sobre el control y la variabilidad glucémica en pacientes con diabetes tipo 2.	Almidón de distintas fuentes.	17 participantes con diabetes tipo 2 (hombres y mujeres) con IMC \geq 25 kg/m ² asignados a uno de los tres tratamientos de almidón.	Niveles de glucosa en sangre, variabilidad glucémica y control glucémico. Ingesta alimentaria y adherencia a los tratamientos AMD, APN y AMAA.	Se compararon tres tratamientos con diferentes fuentes de almidón durante 4 días, usando monitoreo continuo de glucosa mediante MiniMed iProR	Los almidones APN y AMAA mejoraron el control glucémico y redujeron la variabilidad glucémica, sugiriendo que el almidón resistente podría ser una estrategia dietética útil para el manejo de la diabetes tipo 2.	(1)
Evaluar el impacto del almidón resistente en la glucosa, la lipemia postprandial y el apetito en personas con diabetes tipo 2.	ARB, AMAAP y AMD.	17 participantes (9 hombres, 8 mujeres) con hiperglucemia no controlada (HbA1c > 6,5%) y un IMC promedio de 29,0 kg/m ² .	Glucosa en ayunas, lipemia postprandial (colesterol y triglicéridos), insulina, percepción del apetito y respuestas postprandiales tras la ingesta de distintos almidones.	Ensayo cruzado, aleatorizado, los participantes fueron divididos en tres grupos con distinto tratamiento de 40 g/día (ARB, AMAAP y DMS) durante cuatro días. Se evaluaron glucosa, insulina, lipemia mediante suero y apetito mediante pruebas postprandiales y escalas subjetivas.	El consumo de ARB redujo la glucosa en ayunas en comparación con AMD ($p < 0,05$), pero no mostró efectos significativos en otros parámetros bioquímicos. Existió menor sensación de hambre en los tratamientos AMAAP y ARB en comparación con el grupo AMD.	(12)
Evaluar la efectividad de la BPV, sola o combinada con laxantes, en el tratamiento del estreñimiento crónico en niños y adolescentes.	Biomasa de plátano verde con o sin laxantes.	Niños y adolescentes de 5 a 15 años con diagnóstico de constipación funcional según los criterios de Roma IV.	Frecuencia de deposiciones, consistencia de las heces, incontinencia fecal, dolor al defecar, dolor abdominal, excreción de sangre.	Estudio clínico aleatorizado con cinco grupos de tratamiento durante ocho semanas: BPV sola, biomasa con PEG 3350(R), biomasa con picosulfato de sodio, PEG 3350(R) solo y picosulfato de sodio solo. Se utilizó un diario de registro para evaluar los síntomas y se realizaron visitas de seguimiento.	Todos los grupos mostraron mejoras en la consistencia de las heces y el dolor al defecar. Sin embargo, la BPV sola no aumentó la frecuencia de deposiciones, mientras que su combinación con PEG 3350(R) o picosulfato de sodio mejoró significativamente este parámetro y redujo la necesidad de laxantes.	(13)
Evaluar los efectos metabólicos de la suplementación con harina de plátano verde y fructanos de agave (agavinas) en un modelo de obesidad en ratones, así como determinar si la combinación de ambos ingredientes potencia la producción de AGCC.	Harina de plátano verde y fructanos de agave.	Se utilizaron ratones C57BL/6 inducidos a obesidad, divididos en cuatro grupos: control con dieta estándar, DAG con agavinas, DAG con harina de plátano verde y DAG con la combinación de ambos suplementos.	Ganancia de peso, consumo de alimentos, presión arterial, niveles de glucosa, triglicéridos y colesterol total en sangre, y concentración de AGCC en muestras fecales.	Tras inducir obesidad mediante una DAG, los ratones recibieron su dieta correspondiente durante seis semanas. Se monitoreó su ingesta calórica, se determinaron sus niveles de glucosa, triglicéridos y colesterol total por colorimetría, y se determinaron los AGCC mediante cromatografía de gases. Presión arterial mediante el dispositivo LETICA Storage Pressure Meter, LE 5002.	Los grupos suplementados mostraron menor ganancia de peso y menor consumo de alimentos en comparación con el grupo control, además, presentaron una reducción en la presión arterial y en los niveles de glucosa y triglicéridos, sin cambios significativos en el colesterol total. La combinación de harina de plátano y agavinas mejoró la producción de AGCC.	(14)

Tabla 1. Ensayos *in vivo*.(Cont.)

Objetivo	Tratamiento	Participantes/ Sujetos	Variables	Metodología	Resultados	Referencias
Evaluar el efecto de la harina de plátano en la protección contra el daño visceral inducido por hiperglucemia en ratas diabéticas y analizar los mecanismos moleculares mediante el perfil transcriptómico renal.	Harina de plátano.	Ratas macho (N = 120) Sprague Dawley alimentadas con dieta estándar o dieta alta en azúcar y grasa. Posteriormente divididas en seis grupos: ratas con diabetes sin tratamiento, diabéticas con baja dosis de harina, diabéticas con dosis media de harina y diabéticas con dosis alta de harina; grupo con dieta estándar control y grupo sano con alta dosis de harina.	La ALT y la AST, los niveles de proteína total, albúmina, urea, creatinina, resistencia a la insulina y glucosa. Pruebas histológicas.	Administración de harina de plátano por vía intragástrica. Se realizaron análisis histológicos (Cortes en parafina, tinción con hematoxilina y eosina) y bioquímicos (usando kits ELISA)	La intervención de la harina de plátano redujo la ALT, AST y urea. Redujo la acumulación de grasa en el tejido hepático y renal, así como la resistencia a la insulina en ratas diabéticas, mejoró la dislipidemia y redujo la función renal.	(15)
Identificar los metabolitos derivados del plátano presentes en la orina después del consumo, incluyendo nuevos posibles biomarcadores de la ingesta de plátano.	Plátano Cavendish.	Estudio con 12 sujetos sanos (6 hombres, 6 mujeres, edad media 30 años, IMC 22,5 kg/m ²) y 78 sujetos con diferentes niveles de ingesta de plátano para el estudio de validación de biomarcadores.	Determinación de diferentes metabolitos del plátano en orina, incluyendo biomarcadores específicos y comparando intervenciones dietéticas con plátano y fibra de FresubinR como producto de control.	Los 12 participantes consumieron 240 g de plátano y 2 kcal de fibra de FresubinR para igualar la ingesta calórica entre condiciones y aislar los efectos específicos del plátano en el metabolismo, con periodos de lavado entre intervenciones en orden aleatorio. Muestras de orina fueron analizadas mediante cromatografía líquida de ultra rendimiento acoplada a espectrometría de masas y cromatografía de gases bidimensional acoplada a espectrometría de masas, y los biomarcadores se validaron en una cohorte transversal (KarMeN).	Se identificaron cinco metabolitos del plátano en la orina (dopamina sulfato, salicilato sulfato, 6-hidroximetiltiobenceno sulfato, metabolito de glucosa, xantina) como biomarcadores con alta capacidad predictiva (AUC > 0,9), con implicaciones para la salud metabólica y mental.	(16)

Nota. HPV, harina de plátano verde; IS, indoxil sulfato; pCS, p-cresil sulfato; AIA, ácido indolacético; hsCRP, proteína C-reactiva de alta sensibilidad; IL-6, interleucina-6; IL-10, interleucina-10; TNF- α , factor α de necrosis tumoral; AMD, almidón de maíz digerible; APN, almidón de plátano nativo; AMAA, almidón de maíz alto en amilosa; ARB, Almidón Resistente de Banana; AMAAP, almidón de maíz alto en amilopectina; BPV, biomasa de plátano verde; AGCC, ácidos grasos de cadena corta; ALT, alanina aminotransferasa; AST, aspartato aminotransferasa; DAC, dieta alta en grasa; IMC, Índice de Masa Corporal.

Tabla 2. Ensayos *in vivo* e *in vitro*.

Objetivo	Tratamiento	Sujetos/Muestras	VARIABLES	Metodología	Resultados	Referencias
Evaluar el impacto de la harina de plátano verde en la calidad nutricional del yogur y su aceptación sensorial por parte de los consumidores.	Harina de plátano verde.	Yogur elaborado con diferentes niveles de incorporación de HPV, en concentraciones del 0% (control), 2%, 4% y 6% (peso/volumen). Participantes: 30 estudiantes universitarios de 19 a 31 años consumidores frecuentes de yogur, no se especifican sexos.	Características sensoriales del yogur (apariciencia, textura, sabor, regusto, aceptabilidad general) y composición nutricional (contenido de proteínas, minerales como zinc, potasio y calcio, y vitamina C).	Preparación de formulaciones de yogur en una unidad comercial de producción. La evaluación sensorial fue realizada mediante seis atributos del yogur con una escala hedónica de 7 puntos. La composición nutricional fue analizada mediante los métodos estándar de la Asociación de Químicos Analíticos Oficiales.	La incorporación de HPV aumentó el contenido de proteínas, minerales y vitamina C en el yogur. La aceptabilidad sensorial del yogur disminuyó con el aumento de la cantidad de HPV, especialmente en apariencia y textura.	(17)
Evaluar la calidad de un pastel al vapor elaborado con HPSV, incorporando diferentes niveles de aislado de proteína de soja y Ovalette, con el fin de analizar su aceptación sensorial y su calidad nutricional.	HPSV, incorporada en diferentes formulaciones para pastel	Diez diferentes formulaciones de pasteles al vapor con HPSV y variaciones de APS y Ovalette. Un panel de 40 evaluadores no entrenados participó en las pruebas sensoriales, ambos sexos.	Propiedades nutricionales del pastel (proteínas, fibra dietética, almidón resistente) y su aceptación sensorial (volumen, color, aroma, sabor, suavidad, humedad y aceptabilidad general).	Las formulaciones fueron 100g de harina de trigo; 100g de HPSV; 100g de HPSV con 10g de APS; 100g de HPSV con 15g de APS; 100g de HPSV con 3,5g de Ovalette; 100g de HPSV con 3,5g de Ovalette y 10g de APS; 100g de HPSV con 3,5g de Ovalette y 15g de APS; 100g de HPSV con 7g de Ovalette; 100g de HPSV con 7g de Ovalette y 10g de APS; 100g de HPSV con 7g de Ovalette y 15g de APS, el porcentaje del ingrediente adicional se basa en el porcentaje de la harina. Análisis de retención de agua y aceite mediante los métodos de distintos autores, fibra dietética mediante el kit Megazyme TDF, almidón resistente mediante el kit Megazyme RS. Evaluaciones sensoriales utilizando pruebas de clasificación y pruebas hedónicas.	El pastel con 10% de APS y 3,5% de Ovalette fue el mejor evaluado sensorialmente, destacándose por su buena textura, sabor y aceptabilidad general. En términos nutricionales, el pastel antes mencionado mostró un mayor contenido de proteínas, fibra dietética y almidón resistente.	(18)
Diseñar y validar una receta nutricional de un snack utilizando harina de cáscara de plátano verde.	Harina de cáscara de plátano verde.	20 estudiantes universitarios (11 hombres y 9 mujeres), seleccionados por criterios socioeconómicos similares y excluyendo a aquellos con alergias a los ingredientes del snack.	Características organolépticas del snack (sabor, textura, apariencia) y el contenido de fibra dietética.	Se diseñó una receta para el snack y se evaluó con los participantes mediante la "Encuesta de opinión sobre recetas nutricionales" para valorar las características sensoriales del producto. Tras recibir los comentarios, se ajustó la receta y se determinó el contenido de fibra dietética (7,74 g/porción), aunque no se especificó el método utilizado para la medición.	Se recibieron comentarios positivos sobre el sabor, textura y apariencia del snack, lo que llevó a ajustes en la receta. El producto final presentó un alto contenido de fibra dietética (7,74 g/porción) y se ajustó para garantizar que fuera reproducible y cumpliera con los estándares nutricionales de la fibra alimentaria establecidos por las Tablas Peruanas de Composición de Alimentos del Centro Nacional de Alimentación y Nutrición.	(19)

Nota. HPV, harina de plátano verde; HSPV, harina de plátano saba verde; APS, aislado de proteína de soja.

Tabla 3. Ensayos *in vitro*.

Objetivo	Tratamiento	Muestras	VARIABLES	Metodología	Resultados	Referencias
Evaluar la actividad antibacteriana y antifúngica de extractos acuoso, etanólico y de acetato de etilo del tallo de <i>Musa paradisiaca</i> contra patógenos orales asociados a caries y periodontitis.	Tallo de <i>Musa paradisiaca</i> .	Extractos del tallo de <i>Musa paradisiaca</i> y patógenos orales como <i>Lactobacillus acidophilus</i> , <i>Aggregatibacter actinomycetem-comitans</i> y <i>Candida albicans</i> .	Densidad celular de los patógenos orales	Preparación de extractos con agua, etanol y acetato de etilo, cultivo de patógenos orales con el método estándar de McFarland y medición de densidad celular mediante la turbidez de las suspensiones microbianas a 450 nm comparada con controles.	Los extractos mostraron actividad antimicrobiana significativa y la fracción de acetato de etilo fue la más efectiva en inhibir el crecimiento de los patógenos.	(20)
Investigar el potencial prebiótico de la fibra dietética soluble extraída de la inflorescencia del plátano (IFP).	Fibra dietética soluble extraída de IFP.	Fibra dietética soluble extraída de IFP, cepas probióticas: <i>Bifidobacterium bifidum</i> y <i>Lactobacillus casei</i> , células de cáncer de colon HT29	Producción de AGCC, niveles de especies reactivas de oxígeno, expresión de proteínas apoptóticas	Extracción de la fibra dietética soluble de la inflorescencia de plátano, fermentación para obtener sobrenadantes ricos en AGCC, tratamiento de células HT29 con los sobrenadantes, evaluación de apoptosis mediante el reactivo DCFH-DA y citometría de flujo	La fibra fermentada de la inflorescencia de plátano, especialmente con <i>B. bifidum</i> , presentó potencial prebiótico y efectos anticancerígenos al inducir apoptosis en células de cáncer de colon HT29.	(21)
Explorar cómo la madurez de los plátanos, el tratamiento térmico y la adición de ácido ascórbico afectan el proceso de fermentación láctica del puré de plátano	Plátanos con diferente estado de madurez, tratamiento térmico y la adición de ácido ascórbico	Plátanos en dos grados de madurez (segundo grado: ligeramente verdes y sexto grado: completamente amarillos).	Madurez del plátano, los tratamientos térmicos (esterilización y tindalización), la adición de ácido ascórbico y los resultados de la fermentación (crecimiento bacteriano, producción de ácido láctico y pH).	Tres protocolos: 1) comparar la madurez del plátano en la fermentación; 2) evaluar los efectos de los tratamientos térmicos; 3) investigar el impacto del ácido ascórbico en la fermentación del plátano con el mejor grado de madurez y el mejor tratamiento evaluado. Se analizó el crecimiento de <i>Lactobacillus paracasei</i> mediante fermentación, la producción de ácido láctico y la variación del pH.	El puré de plátano maduro (sexto grado) mostró un mejor rendimiento de fermentación, con mayor crecimiento de <i>L. paracasei</i> , producción de ácido láctico y reducción del pH. La adición de ácido ascórbico a 1000 ppm redujo el crecimiento bacteriano en comparación con la fermentación sin ácido ascórbico, sugiriendo su efecto inhibitorio.	(22)
Evaluar las propiedades prebióticas de <i>Musa sapientum</i> Linn. (Kluai Namwa) en la promoción del crecimiento de bacterias probióticas, específicamente <i>Lactobacillus paracasei</i> , y en la inhibición de bacterias patógenas como <i>Escherichia coli</i> y <i>Salmonella typhi</i> .	<i>Musa sapientum</i> Linn. (Kluai Namwa)	HPV, HPM y almidón de <i>Musa sapientum</i> como fuentes prebióticas para evaluar su efecto en bacterias probióticas y patógenas.	Crecimiento de las bacterias probióticas <i>Lactobacillus paracasei</i> y la inhibición de las bacterias patógenas <i>Escherichia coli</i> y <i>Salmonella typhi</i> . Propiedades fisicoquímicas harina de <i>Musa sapientum</i> , como fluidez y compresibilidad, y se calculó el índice prebiótico de las muestras.	Se preparó harina de <i>Musa sapientum</i> mediante secado y molienda. Se cultivaron bacterias probióticas y patógenas en condiciones controladas, utilizando la harina como parte del medio de cultivo. Se realizaron mediciones de crecimiento bacteriano mediante conteo de unidades formadoras de colonias. Se evaluaron las propiedades fisicoquímicas de la harina (fluidez, perfil de dureza a presión e índice de compresibilidad) y las tabletas producidas con la harina mediante la variación de peso y friabilidad.	La HPV adicionada con HPM, promovieron significativamente el crecimiento de <i>Lactobacillus paracasei</i> e inhibieron el crecimiento de <i>E. coli</i> y <i>Salmonella typhi</i> . Estas harinas pueden actuar como prebióticos efectivos. Las tabletas producidas a partir de los polvos cumplieron con los estándares de calidad, sugiere su potencial para su uso como suplementos dietéticos.	(23)

Tabla 3. Ensayos *in vitro*. (Cont.)

Objetivo	Tratamiento	Muestras	Variables	Metodología	Resultados	Referencias
Analizar la composición y el contenido relativo de flavonoides en 22 frutas, incluyendo <i>Musa sapientum</i> L., para identificar aquellos con potencial para promover la salud.	Análisis metabolómico de flavonoides	22 frutas adquiridas en un mercado de Hangzhou, China, fueron congeladas y procesadas para el análisis metabolómico de flavonoides.	Contenido de flavonoides en cada fruta, actividad antioxidante (CAT, SOD, POD), y tasa de absorción de flavonoides.	Se liofilizaron y molieron muestras de fruta, se extrajeron flavonoides con metanol al 70%, y se analizaron mediante UPLC-MS/MS. Se midió la actividad antioxidante usando métodos espectrofotométricos y kits comerciales.	El plátano, junto con otras frutas, presentó una alta concentración de flavonoides, lo que sugiere su potencial en la promoción de la salud.	(24)
Evaluar el efecto de amilo-glucosidasa en el aumento de almidón resistente en harina de plátano verde, optimizando un tratamiento enzimático dual para mejorar la estructura del almidón y fomentar el crecimiento probiótico, con aplicaciones prebióticas para diabéticos.	Efecto de amilo-glucosidasa	Harina de plátano verde de <i>Musa acuminata</i> L. procesada en diferentes tamaños de partícula, analizada <i>in vitro</i> con los probióticos <i>Bacillus coagulans</i> , <i>Lactobacillus rhamnosus</i> y <i>Saccharomyces boulardii</i> .	Contenido de almidón resistente, crecimiento microbiano, glucano lineal, estabilidad térmica y cambios estructurales del almidón. Se midieron cinética microbiana y absorbanza tras fermentación.	Tratamiento enzimático en dos fases: modificación con amilo-pululanasa, seguido de amilo-glucosidasa para maximizar el almidón resistente. Se realizaron análisis fisicoquímicos y pruebas con microorganismos probióticos como <i>Bacillus coagulans</i> , <i>Lactobacillus rhamnosus</i> y <i>Saccharomyces boulardii</i> para evaluar el efecto prebiótico.	El tratamiento dual duplicó el almidón resistente (385 g/kg a 806 g/kg), mejoró la estabilidad térmica, aumentó glucano lineal y promovió el crecimiento de microorganismos probióticos, especialmente en la harina tratada con ambas enzimas.	(25)
Evaluación de la digestibilidad y bioaccesibilidad de fenoles y fibra dietética en plátanos verdes (Cavendish, Ladyfinger y Ducasse) mediante digestión <i>in vitro</i> y fermentación colónica.	Cuantificación de diferentes compuestos.	Muestras de plátano verde (Cavendish, Ladyfinger y Ducasse) que pasan por diferentes fases de digestión (oral, gástrica e intestinal) y fermentación colónica.	Contenido de fibra dietética, contenido de almidón, compuestos fenólicos totales, flavonoides y taninos, ácidos grasos de cadena corta.	Preparación de harina de plátano, análisis de fibra dietética, almidón, compuestos fenólicos, flavonoides y taninos mediante métodos gravimétricos, enzimáticos y espectrofotométricos, y evaluación de ácidos grasos de cadena corta por cromatografía de gases.	La liberación de catequina y epicatequina es más eficiente en la fase intestinal. Los plátanos presentaron altos niveles de quercetina, ácidos fenólicos, almidón resistente y fibra. La variedad Cavendish destacó en catequina, quercetina y fibra, mientras que Ladyfinger mostró más ácido gálico y almidón resistente.	(26)
Evaluar los cambios en la composición de la fibra dietética, los mono y disacáridos y el almidón en los plátanos (Cavendish) a medida que avanzan a través de diferentes etapas de madurez.	Cuantificación de varios compuestos.	Muestras de plátanos Cavendish en distintas etapas de madurez (no maduros, ligeramente maduros, maduros y sobremaduros).	Contenido de fibra dietética, contenido de almidón resistente, niveles de azúcares.	Se analizaron los niveles de fibra dietética, almidón y azúcares utilizando métodos enzimáticos gravimétricos, tanto en su versión tradicional como modificada.	La madurez del plátano disminuye el contenido de fibra dietética y almidón resistente, y aumenta la concentración de azúcares. El método tradicional detecta cambios en la fibra según la madurez y el método modificado, que incluye el almidón resistente, muestra una disminución drástica y más específica al considerar todos los componentes funcionales.	(27)

Nota. IFP, inflorescencia del plátano; AGCC, ácidos grasos de cadena corta; HPV, harina de plátano verde; HPM, harina de plátano maduro; CAT, Catalasa; SOD, Superóxido Dismutasa; POD, Peroxidasa.

En la tabla 1, se muestran 7 estudios *in vivo* en los cuales el consumo de harina de plátano sola o en combinación con fructanos de agave tuvieron efectos estadísticamente significativos sobre la disminución de la glucemia marcadores inflamatorios, toxinas urémicas, peso corporal, perfil lipídico en humanos. (Tabla 1) En la Tabla 2, se muestra un ensayo *in vivo* e *in vitro* en el cual la incorporación de harina de plátano verde a un yogurt mejoró sus cualidades nutricionales y sensoriales, otro estudio incorporó harina de plátano en diferentes

concentraciones a pasteles y al evaluar sus propiedades sensoriales se obtuvo una buena aceptabilidad de los productos, así como un incremento en proteína, fibra y almidón resistente. En otro estudio más, se elaboró un snack con harina de cascara de plátano dicho snack fue evaluado sensorialmente por estudiantes universitarios los cuales emitieron comentarios positivos sobre sabor, textura y apariencia, además se evaluaron las

propiedades nutricionales, y el producto presentó una cantidad importante de fibra dietética (Tabla 2).

En la Tabla 3 se muestran 8 ensayos *in vitro* en los cuales se demostró que la harina de plátano o extractos de esta presentaron propiedades antifúngicas, antibacterianas, anticancerígenas, al inducir apoptosis de células cancerígenas de colon HT29, así como la capacidad para promover el crecimiento de microorganismos probióticos y su potencial prebiótico (Tabla 3).

Discusión

En esta revisión sistemática se encontró que tanto los estudios realizados en modelos *in vivo* e *in vitro* confirman que la HPV aporta beneficios metabólicos significativos. En estudios *in vivo*, en pacientes con diabetes tipo 2, se observó una mejora en el control glucémico y una reducción en la variabilidad de la glucosa (1, 5, 6). Asimismo, el consumo de AR se vinculó con menores niveles de glucemia en ayunas y mayor saciedad (7-9), reforzando el rol de la HPV en la modulación de la insulina y el manejo de la diabetes (3).

Adicionalmente, en modelos murinos de obesidad, se observó que la suplementación con harina de plátano verde (aislada o en sinergia con fructanos de agave) mitigó la ganancia ponderal y redujo la ingesta calórica. Asimismo, se registró un descenso en la presión arterial, la glucemia y los triglicéridos, junto con un incremento en la biosíntesis de AGCC, esenciales para la homeostasis intestinal (1, 3, 10, 11). A nivel sistémico, la intervención evidenció un efecto hepatoprotector y nefroprotector, caracterizado por la disminución de marcadores de daño tisular alanina aminotransferasa, aspartato aminotransferasa, urea y la reducción de la esteatosis en dichos órganos. Estos hallazgos, sumados a la mejora en la sensibilidad a la insulina y el perfil lipídico en ratas diabéticas (12, 13), subrayan el potencial terapéutico integral de este suplemento en el abordaje de comorbilidades metabólicas.

Estudios controlados en población con diálisis peritoneal evidenciaron que la harina de plátano verde ejerce un efecto modulador significativo sobre las toxinas urémicas (indoxil sulfato, p-cresil sulfato, ácido indolacético) y el perfil inflamatorio (4, 5, 16, 17). Esto respalda la viabilidad de la HPV como intervención funcional en patologías renales,

trascendiendo sus beneficios ya conocidos a nivel gastrointestinal y metabólico.

En los estudios *in vitro* se determinó el potencial antimicrobiano (21, 24), anticancerígeno (22) y prebiótico (22, 23) del plátano verde. Además, estos estudios mostraron cantidades elevadas de flavonoides, AR y ácidos fenólicos (25, 27), a los cuales se les atribuye sus propiedades funcionales.

Respecto a la funcionalidad digestiva, el uso de biomasa de plátano verde en niños y adolescentes con estreñimiento crónico mejoró las propiedades reológicas de las heces y disminuyó el dolor asociado, actuando eficazmente como coadyuvante junto a laxantes (9, 10). El mecanismo subyacente radica en la fermentación del AR por la microbiota, produciendo ácidos grasos de cadena corta. Los AGCC modulan la absorción de agua y electrolitos (30), reducen la permeabilidad intestinal mediante la expresión de ocludina (31), y regulan la motilidad vía el eje serotonina-acetilcolina en el plexo mientérico (32).

Metabólicamente, los AGCC inducidos por el AR promueven la proliferación de células β pancreáticas y la sensibilidad a la insulina. Esto optimiza la captación tisular de glucosa y regula la gluconeogénesis hepática (vía inhibición de glucagón) (33), influyendo positivamente en el ciclo del ácido tricarbóxico (34). La identificación de biomarcadores urinarios específicos (18-20) y la evidencia en múltiples modelos experimentales consolidan al plátano verde como una intervención nutricional viable para la salud metabólica y digestiva.

Conclusiones

Los estudios recientes han validado el papel fundamental del plátano verde y su harina como un ingrediente funcional que ofrece beneficios significativos para la salud. La evidencia analizada en esta revisión confirma su potencial como un elemento clave para el tratamiento y manejo de enfermedades metabólicas, incluyendo la diabetes tipo

2, la obesidad y la dislipidemia, así como para el apoyo a la salud renal y digestiva, especialmente en condiciones como el estreñimiento crónico. Adicionalmente, se ha sugerido su utilidad en el tratamiento de virus bucales. Estos hallazgos, derivados de diversas investigaciones en modelos experimentales y clínicos, resaltan el valor funcional del plátano verde, impulsado principalmente por su almidón resistente, que contribuye a mejorar la microbiota intestinal y diversos parámetros fisiológicos.

Desde una perspectiva agroindustrial, la producción de HPV representa una solución eficiente para la gestión de la biomasa residual. La utilización de plátanos que no cumplen con los estándares físicos para su comercialización como frutos, permite reincorporar hasta un 20-30% de la cosecha a la cadena de valor alimentaria.

A pesar de los hallazgos prometedores, esta revisión identifica la necesidad de estandarizar los procesos de obtención de la harina (temperatura de secado, grado de madurez) para garantizar la preservación del contenido de almidón resistente y compuestos fenólicos.

Limitaciones del estudio

Para el cumplimiento de los criterios de inclusión se utilizaron los filtros propios de las herramientas de búsqueda, una vez seleccionados los artículos estos fueron revisados de manera manual por los autores con base al objetivo y la pregunta de investigación

Conflicto de intereses

Esta investigación declara no tener conflicto de intereses.

Este trabajo fue financiado mediante la beca 1320455 otorgada por la Secretaría de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación (SECIHTI).

Referencias

1. Arias-Córdova Y, Ble-Castillo JL, García-Vázquez C, Olvera-Hernández V, Ramos-García M, Navarrete-Cortés A, et al. Resistant starch consumption effects on glycemic control and glycemic variability in patients with type 2 diabetes: A randomized crossover study. *Nutrients*. 2021;13(11):4052. <https://doi.org/10.3390/nu13114052>
2. Sá AA, Gonçalves MIA, Vasconcelos TR, Mendes MLM, Messias CMBO. Physical, chemical and nutritional evaluation of flours prepared with pulp and peel of green banana from different varieties. *Braz J Food Technol*. 2021; 24:1-9. <https://doi.org/10.1590/1981-6723.02020>
3. Alvarado-Jasso GM, Camacho-Díaz BH, Arenas Ocampo ML, Jiménez-Ferrer JE, Mora-Escobedo R, Osorio-Díaz P. Prebiotic effects of a mixture of agavins and green banana flour in a mouse model of obesity. *J Funct Foods*. 2020;64(7):103685. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2019.103685>
4. De Andrade LS, Sardá FAH, Pereira NBF, Teixeira RR, Rodrigues SD, de Lima JD, et al. Effect of unripe banana flour on gut-derived uremic toxins in individuals undergoing peritoneal dialysis: A randomized, double-blind, placebo-controlled, crossover trial. *Nutrients*. 2021;13(2):646. <https://doi.org/10.3390/nu13020646>
5. Food and Agriculture Organization. Food Loss Assessments: Causes and Solutions; Case Studies in Small-scale Agriculture and Fisheries Subsectors. 2014. http://www.fao.org/fileadmin/user_upload/savefood/PDF/Kenya_Food_Loss_Studies.pdf
6. Secretaría de Economía. Monografía del Sector Plátano en México: Situación Actual y Oportunidades de Mercado. Dirección General de Industrias Básicas. 2012. https://www.economia.gob.mx/files/Monografia_Platano.pdf
7. Vega, G. Es preciso detener la pérdida y desperdicio de alimentos en México. *The Food Tech*. 2021. <https://thefoodtech.com/seguridad-alimentaria/es-preciso-detener-la-perdida-y-desperdicio-de-alimentos-en-mexico/>
8. Velázquez, H. Afectaron a los primeros ciclones el 30% de cultivos de plátano. *Diario de Colima*. 2021. <https://diariodecolima.com/noticias/detalle/2021-07-22-afectaron-primeros-ciclones-el-30-de-cultivos-de-pltano>
9. Zamora, E. Alta pérdida de plantíos de plátano en Colima. *Colima Noticias*. 2014. <https://www.colimanoticias.com/alta-perdida-de-plantios-de-platano-en-colima/>
10. Falcomer AL, Figueiredo R, Romão de Lima B, Ginani V. C & Puppini R. Health Benefits of Green Banana Consumption: A Systematic Review. *Nutrients*. 2019;11(1222). <https://doi.org/10.3390/nu11061222>
11. Toconás NM, Villalva FJ, Sajama JN, Olivares AP, Ramón AN, Alcocer JC, De Oliveira EG y Armada M. Harina de banana: producción, caracterización fisicoquímica, tecnológica y funcional. *Revista Española de Nutrición Humana y Dietética*. 2023;27. <https://doi.org/10.14306/renhyd.27.1.1732>
12. García-Vázquez C, Ble-Castillo JL, Arias-Córdova Y, Ramos-García M, Olvera-Hernández V, Guzmán-Priego CG, et al. Effects of resistant starch on glycemic response, postprandial lipemia and appetite in subjects with type 2 diabetes. *Eur J Nutr*. 2023; 62:2269-2278. <https://doi.org/10.1007/s00394-023-03154-4>

13. Cassettari VM, Machado NC, Lourencão PL, Carvalho MA, Ortolan EV. Combinations of laxatives and green banana biomass on the treatment of functional constipation in children and adolescents: a randomized study. *J Pediatr*. 2019; 95(1):27-33. <https://doi.org/10.1016/j.jpmed.2017.10.011>
14. Li P, Li M, Song Y, Huang X, Wu T, Xu ZZ, Lu H. Green Banana Flour Contributes to Gut Microbiota Recovery and Improves Colonic Barrier Integrity in Mice Following Antibiotic Perturbation. *Front Nutr*. 2022;14(9):832848. <https://doi.org/10.3389/fnut.2022.832848>
15. Fu J, Tu S, Yi G, Wang J, Sheng O, Zhang W. Plantain flour - A beneficial material for the organ and transcriptional profile of kidney of diabetic rats. *J Funct Foods*. 2023; 110:105817. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2023.105817>
16. Vázquez-Manjarrez N, Weinert CH, Ulaszewska MM, Mack CI, Micheau P, Pétéra M, et al. Discovery and validation of banana intake biomarkers using untargeted metabolomics in human intervention and cross-sectional studies. *J Nutr*. 2019;149(10):1701-1713. <https://doi.org/10.1093/jn/nxz125>
17. Leeward BO, Alemawor F, Deku G. Nutritional and sensory evaluation of yoghurt incorporated with unripe false horn plantain (*Musa paradisiaca* var. "apentu"). *Int J Food Sci*. 2023;(4):1-11. <https://doi.org/10.1155/2023/2221302>
18. Lee J-S, Yusoff N, Ho AL, Siew CK, Akanda JH, Tan WX. Quality improvement of green saba banana flour steamed cake. *Appl Sci*. 2023;13(4). <https://doi.org/10.3390/app13042421>
19. Acosta-Coello C, Parodi-Redhead A, Medina-Pizzali ML. Design and validation of a nutritional recipe for a snack made of green banana peel flour (*Musa paradisiaca*). *Braz J Food Technol*. 2021;24(1):e2019349. <https://doi.org/10.1590/1981-6723.34919>
20. Owusu-Boadi E, Akuoko M, Mensah G, Ayamba E, Boye A. Antimicrobial activity against oral pathogens confirms the use of *Musa paradisiaca* fruit stalk in ethnodontistry. *Evid Based Complement Alternat Med*. 2021;(1):8663210. <https://doi.org/10.1155/2021/8663210>
21. Arun KB, Madhavan A, TRR, Thomas S, Nisha P. Los metabolitos de fermentación enriquecidos con ácidos grasos de cadena corta de la fibra dietética soluble de *Musa paradisiaca* conducen a las células de cáncer de colon HT29 a la apoptosis. *PLoS ONE*. 2019;14(5):e0216604. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0216604>
22. Gallo M, Passannanti F, Schiattarella P, Esposito A, Colucci R, Nigro F, et al. Banana puree lactic fermentation: The role of ripeness, heat treatment, and ascorbic acid. *Appl Sci*. 2021;11(11):5153. <https://doi.org/10.3390/app11115153>
23. Jaiturong P, Laosirisathian N, Sirithunyalug B, Eitssayeam S, Sirilun S, Chaiyana W, et al. Potential of *Musa sapientum* Linn. for digestive function promotion by supporting *Lactobacillus* sp. *Heliyon*. 2020;6(10):e05247. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e05247>
24. Zhang C, Zhao Y, Tao H, Li L, He Y, Zhang X, et al. Analysis of the flavonoidome reveals the different health-promoting flavonoid characteristics in fruit. *Antioxidants*. 2023;12(9):1665. <https://doi.org/10.3390/antiox12091665>
25. Das M, Rajan N, Biswas P, Banerjee R. Dual enzyme treatment strategy for enhancing resistant starch content of green banana flour and in vitro evaluation of prebiotic effect. *LWT*. 2022; 160:113267. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2022.113267>
26. Bashmil YM, Dunshea FR, Appels R, Suleria HAR. Bioaccessibility of phenolic compounds, resistant starch, and dietary fibers from Australian green banana during in vitro digestion and colonic fermentation. *Molecules*. 2024;29(7):1535. <https://doi.org/10.3390/molecules29071535>
27. Phillips KM, McGinty RC, Couture G, Pehrsson PR, McKillop K, Fukagawa NK. Dietary fiber, starch, and sugars in bananas at different stages of ripeness in the retail market. *PLoS ONE*. 2021;16(7):e0253366. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0253366>
28. Qi X, Tester RF. Utilisation of dietary fibre (non-starch polysaccharide and resistant starch) molecules for diarrhoea therapy: a mini-review. *Int J Biol Macromol*. 2019; 122:572-577. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2018.10.195>
29. Ma X, Fan PX, Li LS, et al. Butyrate promotes the recovering of intestinal wound healing through its positive effect on the tight junctions. *J Anim Sci*. 2012;90 (4):266-268. <https://doi.org/10.2527/jas.50965>
30. Fukumoto S, Tatewaki M, Yamada T, et al. Short-chain fatty acids stimulate colonic transit via intraluminal 5-HT release in rats. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol*. 2003;284(5):1269-1276. <https://doi.org/10.1152/ajpregu.00442.2002>
31. Jahandideh F, Wu J. A review on mechanisms of action of bioactive peptides against glucose intolerance and insulin resistance. *Food Sci Hum Well*. 2022;11(6):1441-1454. <https://doi.org/10.1016/j.fshw.2022.06.001>
32. Zhang C, Dong L, Wu J, et al. Intervention of resistant starch 3 on type 2 diabetes mellitus and its mechanism based on urine metabolomics by liquid chromatography-tandem mass spectrometry. *Biomed Pharmacother*. 2020; 128:110350. <https://doi.org/10.1016/j.biopha.2020.110350>

Recibido: 09/10/2025
Aceptado: 22/01/2026