

Harina modificada de plátano verde para elaborar alimentos funcionales

MIRNA MARÍA SÁNCHEZ RIVERA
msanchezri@ipn.mx

CENTRO DE DESARROLLO DE PRODUCTOS BIÓTICOS DEL INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL

Palabras clave: Harina de plátano, almidón, resistente, esterificación y ácido cítrico

La pulpa de plátano verde está constituida por almidón disponible y resistente, fibra, antioxidantes, vitaminas del complejo B, micronutrientes como potasio, fósforo, hierro y calcio. Aunado a esto, no contiene gluten; por lo que, en los últimos años se ha estudiado como ingrediente en la preparación de alimentos funcionales de interés para personas celiacas. Los carbohidratos totales en la harina de plátano verde representan más de 80 por ciento de su peso seco, por lo que el almidón resistente es el carbohidrato mayoritario, después del almidón disponible y la fibra.

En términos generales, las partículas de almidón llamadas 'gránulos' se componen de moléculas de glucosa en 99 por ciento, las cuales están unidas por enlaces glucosídicos, y forman cadenas lineales y ramificadas que se identifican químicamente como amilosa y amilopectina. La glucosa, como monosacárido, puede contarse en cientos de miles en los gránulos de almidón. Según la estructura, tamaño y tipo de cristalinidad de los gránulos, es decir, del ordenamiento interno de la amilopectina, estos pueden ser parcial o totalmente digeribles, o bien, no digeribles.

La propiedad de digestibilidad clasifica al almidón como disponible, digerible o glucémico, es decir, aquel que se digiere y absorbe fácilmente en el intestino delgado cuando es hidrolizado a moléculas más pequeñas por las enzimas digestivas, y el almidón resistente, también conocido como 'no digerible' o 'no glucémico', que por presentar una estructura molecular más compleja, no es digerido por las enzimas digestivas en el intestino delgado; por lo tanto, llega intacto o casi intacto al intestino grueso, donde es bien recibido por los microorganismos que ahí residen y que conforman la flora intestinal o microbiota.

Entre sus funciones, el almidón resistente, y en general los carbohidratos no digeribles como la fibra, sirven de alimento a los millones de microorganismos que conforman la flora intestinal. Esta última puede llegar a pesar de uno a dos kilogramos, y se compara con un órgano vital por las funciones que realiza, como su influencia en la expresión de genes, la digestibilidad y absorción de nutrientes; elimina sustancias tóxicas, inhibe el crecimiento de patógenos y produce vitaminas y ácidos grasos de cadena corta.

Los alimentos con alto contenido de almidón disponible liberan grandes cantidades de glucosa en el intestino delgado, las cuales son transportadas por la insulina al torrente sanguíneo para su uso como fuente de energía en el corto plazo, o bien, al hígado y músculo, donde son almacenadas. Una alta cantidad de glucosa en la sangre, por tiempo prolongado y con el paso del tiempo puede provocar diabetes, hipertensión, triglicéridos y colesterol alto y hasta cáncer; la glucosa también puede almacenarse como grasa corporal, producir obesidad y desencadenar otros trastornos como el síndrome metabólico, resistencia e insensibilidad a la insulina. Si bien los carbohidratos, en especial el almidón, son la fuente principal de energía para

**Los carbohidratos
totales en la harina
de plátano verde
representan más de
80 por ciento de
su peso seco**

que el cuerpo realice sus funciones, altas y sostenidas ingestas por tiempos prolongados de dietas con carga glucémica elevada y/o grasa pueden conducir a niveles elevados de azúcar y triglicéridos, responsables directos de las cuatro enfermedades catalogadas como no transmisibles de gran importancia en salud pública: diabetes, obesidad, hipertensión y cáncer.

Estilos de vida que incluyan ejercicio cotidiano y modificaciones en los hábitos alimenticios, mediante el consumo de alimentos saludables, es decir, que no se transformen rápidamente en azúcares simples, o de bajo contenido energético, son necesarios para aquellas personas que padecen de una o más de las enfermedades no transmisibles; incluso los individuos sanos deben incluirlos en su dieta como medida de prevención.

En los últimos años, el desarrollo y producción de alimentos funcionales ha tenido mucho auge. El término 'funcional' hace referencia al beneficio que dicho alimento tiene para la salud.

El alimento funcional se define como "cualquier alimento modificado o ingrediente alimenticio que puede proveer un beneficio a la salud más allá de los nutrientes tradicionales que este contiene" (Martirosyan, 2015:5). Las fibras dietéticas son uno de los ingredientes funcionales que hoy en día son añadidos a alimentos como lácteos, entre otros, debido a que sus efectos benéficos en la salud han sido bien documentados. Entre los alimentos funcionales se encuentran los de bajo contenido calórico o reducidos en carbohidratos disponibles y grasa.

La harina de plátano verde, en estado nativo o modificada con métodos físicos, químicos o enzimáticos,



se ha utilizado en la elaboración de alimentos funcionales de panificación y pastas. En este sentido, los trabajos realizados y reportados en revistas internacionales por el grupo de investigación dirigido por el doctor Luis Arturo Bello Pérez, profesor investigador del Centro de Desarrollo de Productos Bióticos del Instituto Politécnico Nacional (IPN), han demostrado que la incorporación de esta harina en productos alimenticios incrementa el contenido de las fracciones indigeribles del almidón, propiamente carbohidratos no digeribles, mientras que los de fácil digestibilidad o disponibles son disminuidos.

Los alimentos a base de harinas de plátano inmaduro o verde deben su bajo contenido calórico o carga energética reducida, a su alta cantidad de almidón resistente,

que desde el punto de vista fisiológico, no se transforma en glucosa fácilmente, como fuente de energía. El almidón resistente recorre el intestino delgado sin ser degradado por las enzimas digestivas, y llega hasta el colon, donde es digerido por la flora intestinal. La digestión o fermentación de estos carbohidratos en el intestino grueso se realiza de manera lenta. Los productos de la fermentación del almidón resistente ofrecen importantes beneficios a la salud, no sólo al individuo, sino al ecosistema que vive dentro de él, al proveerlo de energía para su propia subsistencia.

Estos carbohidratos —el almidón resistente y otros componentes de la fibra dietética— presentan características de digestibilidad muy similares y se encuentran en

Beneficios con la digestión de harina modificada de plátano verde

Permite la fácil absorción de los nutrientes por el intestino delgado.

Reducción de enfermedades como: diabetes, hipertensión, obesidad, triglicéridos y colesterol altos.

Las fibras y carbohidratos complejos estimulan el crecimiento de los microorganismos del colon

Aceleración del tránsito intestinal y generación de saciedad en el organismo.

fuentes naturales. Hay dos tipos de fibra: la soluble e insoluble; la soluble es viscosa y fermentable, y la insoluble, no viscosa y no fermentable. Sólo las solubles en agua, que forman geles viscosos, son totalmente fermentables; como el almidón resistente que se incluye en este tipo de fibras. Las insolubles, posiblemente de mayor tamaño, no forman geles, por lo que no se fermentan, o bien, podrían ser parcialmente fermentables. Sin embargo, producen efectos benéficos a la salud, al acelerar el tránsito intestinal, interferir para evitar que se extraiga energía de los alimentos, favorece la reducción de la permeabilidad en el intestino, es decir, evita que las toxinas traspasen su barrera, y también generan saciedad.

Las fibras y, en general, los carbohidratos complejos, al digerirse con mayor lentitud, ayudan a que la glucosa retrarde su elevación en la sangre después de comer; sin embargo, la principal función que realizan es estimular el crecimiento de los microorganismos del colon, y a través de los productos de su fermentación, como producir ácidos grasos volátiles de cadena corta (AGVCC), entre los cuales se encuentran acetato, propionato y butirato, que al propiciar un ambiente ácido en el colon, favorecen la reproducción de la flora intestinal. Por su bajo peso molecular, los AGVCC difunden fácilmente a las células colónicas para participar en funciones bioquímicas de señalización y de acoplamiento a receptores proteicos, entre otras.

El butirato o ácido butírico, procedente de la fermentación del almidón resistente, se produce en mayor cantidad al que se obtiene de la fermentación de la fibra soluble. "Existe evidencia de que el butirato es uno de los principales sustratos de energía para las células intestinales epiteliales y que

puede reducir el riesgo de cambios malignos en las células" (Fuente-Zaragoza, E., et. al, 2010:43), por lo que mantiene en buen estado el recubrimiento del intestino grueso, protegiéndolo de alteraciones tumorales. Estudios realizados con animales de laboratorio "en ratas alimentadas con dietas ricas en almidón resistente, se reportó un incremento en la absorción de minerales como calcio, magnesio, zinc, hierro y cobre", atribuyendo este efecto benéfico a este carbohidrato.

La fermentación de carbohidratos como almidón resistente y fibra es necesaria no sólo para la nutrición de las células epiteliales del colon, sino para la producción de glucosa por las enzimas extracelulares de las bacterias que allí residen. Estos monosacáridos, cuando son absorbidos, participan en la estimulación de factores de transcripción, que son claves para la lipogénesis hepática, entre otras funciones.

El almidón resistente, al ser fermentado de igual forma que la fibra dietética y producir AGVCC, es considerado un tipo de fibra funcional. La American Association of Cereal Chemist define la fibra dietética como "la parte comestible de las plantas o hidratos de carbono análogos que son resistentes a la digestión y absorción en el intestino delgado, con fermentación completa o parcial en el intestino grueso, e incluye a polisacáridos, oligosacáridos, lignina y sustancias vegetales asociadas" (American Association of Cereal Chemists, 2001:46). Por los beneficios que estos tipos de fibra aportan a la salud, es recomendable que sean consumidos desde los primeros años de vida, como parte de un estilo de alimentación, a fin de que a largo plazo ayuden a controlar factores de riesgo, así como enfermedades crónicas.

**Las fibras
diéticas, hoy en día,
son añadidos a alimentos
como lácteos, debido a
que sus efectos en la
salud han sido bien
documentados**

Los efectos benéficos del almidón resistente se han demostrado mediante trabajos de investigación, los cuales han comprobado que reduce los niveles de azúcar, triglicéridos y colesterol en sangre; altos niveles de estas sustancias en el cuerpo provocan enfermedades e incluso la muerte. Los alimentos de bajo contenido calórico también contribuyen en la pérdida de peso, debido a que aumentan la saciedad y con ello disminuyen el apetito. Estudios en ratas han demostrado que la ingesta de harina de plátano verde con 17 por ciento de almidón resistente reduce los niveles de colesterol y triglicéridos en sangre.

Trabajos de investigación también han demostrado que la harina nativa de plátano inmaduro, al pasar por un proceso de cocción en agua hirviendo, el contenido de almidón resistente disminuye drásticamente, de ~80 a ~10 por ciento (~ significa aproximadamente), indicativo de que la estructura molecular de este carbohidrato no resiste el calentamiento y se desorganiza, lo que ocasiona que sus propiedades cambien. Existen tratamientos térmicos, enzimáticos y químicos o una combinación de ellos, que pueden incrementar el contenido de almidón resistente.

Algunas técnicas de modificación química incluyen sustancias ácidas en una suspensión concentrada de almidón a una temperatura de reacción determinada. La modificación ácida hace que se obtengan cadenas lineales o escasamente ramificadas de los polímeros del almidón, que contribuyen en la formación de almidón resistente. La esterificación en seco con ácido cítrico a temperatura elevada se ha utilizado en fibras de maíz y almidones de diferentes fuentes vegetales incluyendo el arroz, maíz y trigo, y ha demostrado que incrementa hasta 80 por ciento o más, el contenido de almidón resistente. El almidón resistente que se obtiene por esta técnica no se desorganiza después de la cocción, es decir, resiste el calentamiento en agua (no gelatiniza), por lo que su estructura no se pierde y, por consiguiente, mantiene sus propiedades. Los almidones esterificados o



citratos, como se les conoce, son de baja digestibilidad y no presentan los eventos de la gelatinización; es decir, no aumentan de volumen, no incrementan la viscosidad, no forman pastas, porque no sufren desorganización durante la cocción.

Para esterificar el almidón, se utilizan temperaturas mayores a 100 °C, concentraciones de ácido cítrico de 40 por ciento y tiempos de reacción de más de tres horas. La esterificación con ácido cítrico introduce grupos carboxilo y ésteres, que desplazan a grupos funcionales hidroxilo en los polímeros del almidón. El ácido cítrico es inofensivo para la salud, cuando es calentado a alta temperatura reacciona con el almidón para modificar su estructura e incrementa la fracción no digerible. Los cambios provocados en la estructura del almidón modifican sus propiedades funcionales.

Las estructuras internas de los gránulos, cuando son ordenadas y/o compactas, son menos accesibles a la acción de las enzimas digestivas que las estructuras desordenadas o abiertas. Cada alimento o dieta tiene su propia respuesta glucémica en función de la composición y estructura molecular de sus constituyentes, los efectos fisiológicos podrán ser benéficos



MIRNA MARÍA SÁNCHEZ RIVERA

■ Es maestra en ciencias por el Centro de Desarrollo de Productos Bióticos del Instituto Politécnico Nacional (CeProBi-IPN). Actualmente es directora del módulo 20160417 "Obtención y caracterización de harinas como ingredientes en alimentos nutraceuticos" en el CeProBi-IPN ubicado en el estado de Morelos.

o no como alimento funcional. Por tanto, para lograr digestiones lentas del almidón, con respuestas glucémicas suaves, es importante preferir aquellos que contengan almidones con estructuras más ordenadas o compactas.

Conclusiones

En síntesis, la harina esterificada de plátano con incremento en la fracción indigerible podría resultar en una harina de baja digestibilidad de sus carbohidratos, los cuales presentarán menor velocidad de digestión. Ésta puede ser aprovechada para la elaboración de productos funcionales. Asimismo, al ser estructuralmente más compleja que la nativa, presentarán incremento en los carbohidratos indigeribles, con almidón resistente como ingrediente funcional en mayor proporción, el cual, por su lenta digestión y liberación de glucosa, no será digerido en el intestino delgado, sino fermentado en el intestino grueso por las bacterias del colon.

Con estas características, las harinas esterificadas actuarían como ingredientes prebióticos, es decir, para nutrir la microbiota del colon, y así estimular su multiplicación y actividad. Los prebióticos se definen como "ingredientes alimenticios no digeribles que afectan benéficamente al huésped al estimular el crecimiento y/o la actividad de una o un limitado número de bacterias en el colon, mejorando así la salud del huésped". La ventaja que ofrecen las harinas esterificadas es que después de ser cocidas en agua hirviendo, mantienen la integridad del ingrediente funcional mayoritario, el cual resiste el ataque enzimático; además, los grupos funcionales introducidos podrían también dificultar la acción de las enzimas digestivas, y de esta manera evitar que el almidón resistente sea degradado.

Los beneficios que proveen los alimentos funcionales con alto contenido de almidón resistente, se atribuyen también a la cantidad de calorías que proporciona este carbohidrato, que son 2 kilocalorías por gramo (Kcal/g), respecto a las 4 Kcal/g que proporciona el almidón disponible. Para obtener los beneficios que el almidón resistente ofrece, se ha establecido una ingesta de 20 gramos por día, comparable con la ingesta de fibra dietaria recomendada, que es de 20 a 35 gramos.

Las personas diabéticas, o con problemas de obesidad y/o resistencia a la insulina, podrían encontrar los beneficios que los alimentos funcionales de bajo contenido calórico o de baja respuesta glucémica ofrecen para su salud, pues no sólo reducen la cantidad de calorías ingeridas, sino que la microbiota es fortalecida y con ello, un abanico de beneficios fisiológicos es producido por el consumo de alimentos funcionales con carbohidratos de digestión lenta y altamente fermentables. ^{UP}

Bibliografía:

- Martirosyan, D. M. & Singh, J. (2015). "A new definition of functional food by FFC: what makes a new definition unique?". *Functional Foods in Health and Disease*, 5, 212.
- Fuentes-Zaragoza, E., Riquelme-Navarrete, M.J., Sánchez-Zapata, E. & Pérez-Álvarez J.A. (2010). "Resistant starch as functional ingredient: A review". *Food Research International*, 43, 937 y 939.
- AACC. (2001). *The Definition of Dietary Fiber*. American Association of Cereal Chemists, 46, 1.
- Siró, I., Kápolna, E., Kápolna, B. & Lugasi, A. (2008, mayo 27). "Functional food. Product development, marketing and consumer". *Appetite*, 51, 460.