



Revista Chilena de Nutrición

ISSN: 0716-1549

sochinut@tie.cl

Sociedad Chilena de Nutrición, Bromatología y
Toxicología
Chile

Parada S., Javier Alejandro; Rozowski N., Jaime
Relación entre la respuesta glicémica del almidón y su estado microestructural
Revista Chilena de Nutrición, vol. 35, núm. 2, junio-, 2008, pp. 0-13
Sociedad Chilena de Nutrición, Bromatología y Toxicología
Santiago, Chile

Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=46911546001>

- Cómo citar el artículo
- Número completo
- Más información del artículo
- Página de la revista en redalyc.org

redalyc.org

Sistema de Información Científica
Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal
Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso abierto

ARTICULOS DE ACTUALIZACION

RELACIÓN ENTRE LA RESPUESTA GLICÉMICA DEL ALMIDÓN Y SU ESTADO MICROESTRUCTURAL

RELATIONSHIP BETWEEN GLYCEMIC RESPONSE OF STARCH AND ITS MICROSTRUCTURAL STATE

Javier Alejandro Parada S. (1), Jaime Rozowski N. (2)

(1) Laboratorio de Biomateriales, Departamento de Ingeniería Química y Bioprocesos,
Facultad de Ingeniería, Pontificia Universidad Católica de Chile.

(2) Departamento de Nutrición, Diabetes y Metabolismo, Facultad de Medicina,
Pontificia Universidad Católica de Chile.

ABSTRACT

It has been observed that foods with similar amount of starch can generate different glycemic responses. In the present paper we review the one factor that probably determines these differences: the physical state of starch in food. The literature support the idea that the physical state (called microstructure) of starch is a very important factor because determine the rate and the total amount of glucose that will be released (in the digestion process) for absorption and metabolic use. Many studies relating the microstructure and glycemic response, and its physiological effects, are still needed to make new carbohydrate foods with specific nutritional requirements.

Key words: glycemic response, starch, digestibility, microstructure.

Este trabajo fue recibido el 27 de Diciembre de 2007 y aceptado para ser publicado el 18 de Abril de 2008.

INTRODUCCIÓN

La preocupación de la población por problemas de salud cada vez más comunes en la sociedad occidental, como diabetes, obesidad, problemas cardíacos, cáncer, entre otros, han impulsado un creciente interés científico en estudiar las condiciones de alimentación del ser humano (ámbito social, biológico-metabólico, ciencia de alimentos). Esto, debido a la idea de que la alimentación podría estar influyendo en la presencia, ausencia o grado de dichas patologías.

Si bien la alimentación no puede ser por sí misma un elemento causal único en la manifestación de ciertas patologías, se estima que sí estaría siendo uno de los factores a considerar, tanto por el exceso de ciertos nutrientes como por la carencia de otros. Respecto a lo anterior, un grupo de alimentos que ha concitado interés son los carbohidratos, cuyo consumo excesivo se relaciona con problemas cardíacos, diabetes y cáncer (1), pero que a la vez son imprescindibles para cubrir los requerimientos básicos de energía diaria. De hecho, el almidón (carbohidrato complejo), es la principal fuente de energía del ser humano (recomendación: 58%-60% de las calorías totales según FAO) (28). Por su importancia en la dieta el almidón es uno de los factores que se debe controlar cuando se quiere disminuir el aumento de la concentración de glucosa en la sangre después de ingerir un alimento (29).

En este sentido, parece ser que una de las características que determina la calidad nutricional del almidón es su digestibilidad, es decir, su capacidad de entregar más o menos glucosa, de manera más o menos rápida, a medida que ocurre el proceso de digestión en el organismo (2). A su vez, esta digestibilidad parece estar influenciada fuertemente por las características microestructurales (estado físico) de los distintos tipos de almidones presentes en los alimentos. Debido a lo anterior, parece ser un tema crucial el comprender a cabalidad la relación entre microestructura y digestibilidad de los almidones, con el fin de controlar el aporte de glucosa y la calidad nutricional de los productos amiláceos ofrecidos a los consumidores, lo que concuerda con el concepto de que la microestructura de los alimentos determina de manera importante la calidad nutricional de estos (3).

En este trabajo se presenta una revisión científica tendiente a evaluar el efecto de la microestructura de los almidones (aislados y/o en alimentos) en la respuesta glicémica que éstos producen al ser consumidos.

RESPUESTA GLICÉMICA Y SU IMPLICANCIA

En ayuno la concentración plasmática de glucosa tiene un valor dado, que podríamos denominar basal; al consumir un alimento que contiene carbohidratos (simples o complejos) esta concentración plasmática sube hasta un máximo, para luego bajar y llegar a su valor de origen, proceso el cual toma entre 15 a 45 minutos, como regla general. Esta respuesta de la concentración plasmática de glucosa a la ingesta de alimentos es lo que se denomina respuesta glicémica (o respuesta glucémica) (4).

Tratando de estandarizar un procedimiento y obtener un valor numérico de la respuesta glicémica (haciendo así comparable los efectos de distintos alimentos) se desarrolló un concepto que ha resultado útil y fácil de aplicar, el Índice Glicémico (IG) (7).

El índice glicémico es un valor numérico único, propio de cada alimento, y que resulta de dividir el área bajo la curva de la respuesta glicémica del alimento en cuestión por el área bajo la curva de la respuesta glicémica de un alimento estándar (típicamente pan blanco o glucosa). Como protocolo se requiere que las cantidades absolutas de carbohidratos (carbohidratos disponibles)

suministradas a la persona sean las mismas (50g), tanto en la dosis del alimento en cuestión como en la del alimento estándar. En la determinación se acostumbra usar un tiempo postprandial de medición determinado y constante (típicamente 180 minutos), tomando muestras de plasma a intervalos determinados por el experimentador.

Es importante destacar que las condiciones de medida (alimento estándar utilizado, tiempos involucrados, carga glicémica, comidas anteriores como alimentos de cebada de bajo IG que reducen la respuesta glicémica de alimentos ingeridos con posterioridad, entre otros) no son estrictamente las mismas para todas las investigaciones y protocolos usados. Por lo tanto, estas distintas condiciones pueden afectar la respuesta glicémica enmascarando el efecto de las propiedades intrínsecas del alimento, razón por la cual siempre es recomendable, al momento de hacer comparaciones, conocer el procedimiento usado en la obtención de los resultados de cada investigación (6). La metodología correcta para determinar el IG ha sido descrita por FAO/WHO (1).

Existen diferentes argumentos en pro y en contra del uso del IG como medida de la calidad de un alimento, existiendo muchas veces opiniones discrepantes sobre este tema. En general todos los argumentos son válidos en uno u otro sentido, y lo que se debe buscar es un mejor entendimiento y uso de este concepto, más que apoyarlo o refutarlo en su totalidad. En la tabla 1 se enumeran los factores más importantes que apoyan o refutan el uso del IG.

$$IG(\%) = \frac{ABC_{\text{alimento}}}{ABC_{\text{alimento_estándar}}} \times 100$$

Donde:

$IG(\%)$: índice glicémico del alimento en investigación

ABC_{alimento} : área bajo la curva de respuesta glicémica del alimento en investigación

$ABC_{\text{alimento_estándar}}$: área bajo la curva de respuesta glicémica del alimento estándar

Como una alternativa al valor de IG se ha desarrollado otro concepto que tiene como objetivo medir el impacto glicémico total de un alimento. Este valor es la Carga Glicémica (CG) y se calcula multiplicando el valor de IG por la cantidad de carbohidratos contenidos en el alimento (1). Esto implica que los valores de IG y CG no tienen obligatoriamente una correlación directa, por lo que un alimento con bajo IG puede tener tanto una alta como una baja CG dependiendo del contenido bruto de carbohidratos. Así entonces, si bien parece ser más adecuado usar CG que IG para evaluar la repuesta glicémica de un alimento (ya que toma en cuenta el contenido y aporte bruto total de carbohidratos desde el alimento al organismo y sería más adecuado para evaluar dietas “reales”) se debe tener muy presente las limitaciones de cada valor y evaluar de manera crítica cualquier resultado (1).

$$CG = \frac{IG(\%) \times Ch \times P}{100}$$

Donde:

IG(%): índice glicémico del alimento en investigación

Ch: contenido neto de carbohidratos en el alimento, en gramos de carbohidratos por gramo de alimento (g/g)

P: masa total de la porción en gramos (g)

Metodología *in vitro* para determinar la respuesta glicémica

Con el propósito de tener una metodología más rápida, reproducible, y que genere menos errores, sobre todo cuando el estudio se centra en el alimento más que en el ser humano (desarrollo de productos en ingeniería de alimentos, por ejemplo), se han desarrollado procedimientos *in vitro* para estimar la digestibilidad de los alimentos y así estimar su posible respuesta glicémica.

Estos procedimientos *in vitro* se han desarrollado para evaluar el aporte de varios nutrientes de muchos alimentos, incluidos los carbohidratos y los alimentos que los contienen. Básicamente todas las metodologías constan de los 3 pasos siguientes:

1. simulación de digestión mediante el uso de preparados enzimáticos
2. simulación de la absorción intestinal
3. medición por algún método adecuado, de la concentración del nutriente de interés en el extracto final

En el caso de evaluar el aporte de carbohidratos en alimentos que contienen almidón se ha usado básicamente una digestión enzimática a condiciones controladas y medición de la glucosa liberada, normalmente por un método colorimétrico (2, 7-11). Es decir, se omite el paso de simulación de la absorción intestinal, por lo que el resultado obtenido es la Digestibilidad (llamada también bioaccesibilidad) del almidón y no la fracción de carbohidratos que estaría disponible en su sitio de acción en el cuerpo, lo que se estima de manera más directa al obtener *in vivo* el IG o CG (12). En este caso lo que se obtiene es la digestibilidad del almidón, que se puede entender como la fracción máxima de almidón que estará disponible para la absorción intestinal, y/o como la capacidad de un alimento de entregar más o menos glucosa, de manera más o menos rápida luego de sufrir los pasos de digestión (2). Un procedimiento muy común es el propuesto por Englyst *et al.* (11), el cual se basa en lo expuesto anteriormente (digestión enzimática y medición colorimétrica de la concentración de glucosa en el extracto final), sin embargo, existen otros procedimientos que se basan principalmente en lo mismo, así como variaciones prácticas de esta misma metodología.

La digestibilidad y la respuesta glicémica esperada pueden ser relacionadas matemáticamente bajo condiciones estandarizadas, tanto para el caso de personas sanas como para diabéticos tipo 2 (10, 13, 14). Es así como, por ejemplo, existen funciones matemáticas como la propuesta por Goñi *et al.* (15), donde se relaciona (ecuación de una línea recta) la respuesta

glicémica *in vivo* (IG) con el porcentaje de almidón hidrolizado (luego de cierto tiempo de hidrólisis) *in vitro*.

TABLA 1
Pros y contras del Índice Glicémico (IG) como medida de calidad de un alimento

Pros	Consecuencia
Medida sencilla, no es necesario grandes equipamientos ni reactivos para llevarla a cabo	Se puede realizar fácilmente a cualquier persona, con cualquier alimento, con poco presupuesto
Existe mucha información al respecto	Existen artículos en revistas especializadas que resumen valores de IG de un gran número de alimentos por lo que se puede tener una guía fácil al respecto
Contras	Consecuencia
En la descripción de los alimentos a evaluar no se hace referencia a ninguna propiedad cuantitativa, ni química ni física, salvo el contenido de hidratos de carbono disponibles	Alimentos con un mismo contenido y tipo de hidratos de carbono pueden dar IG distintos, siendo imposible explicar la razón de esto. No existe ninguna relación cuantitativa entre propiedades del alimento y su IG. Repetibilidad y reproducibilidad de cada experimento son muy limitadas
Todo alimento evaluado debe tener la misma cantidad de hidratos de carbono disponible	La interpretación de los resultados muchas veces es incorrecta ya que no se consideran los tamaños de las porciones a consumir; esto entrega resultados que en algunos casos son poco extrapolables a un alimento real
No existe un alimento estándar perfectamente estandarizado (cualitativamente), por lo que los resultados pueden variar según como esté preparado (pan blanco, principalmente)	La comparación entre distintos experimentos es casi imposible

Respuesta glicémica y salud

Existe evidencia que alimentos y/o dietas con distintos IG estarían afectando de manera distinta la salud de las personas, pudiendo constituir el consumo de alimentos con alto IG un factor de riesgo a varias enfermedades muy presentes en nuestra sociedad.

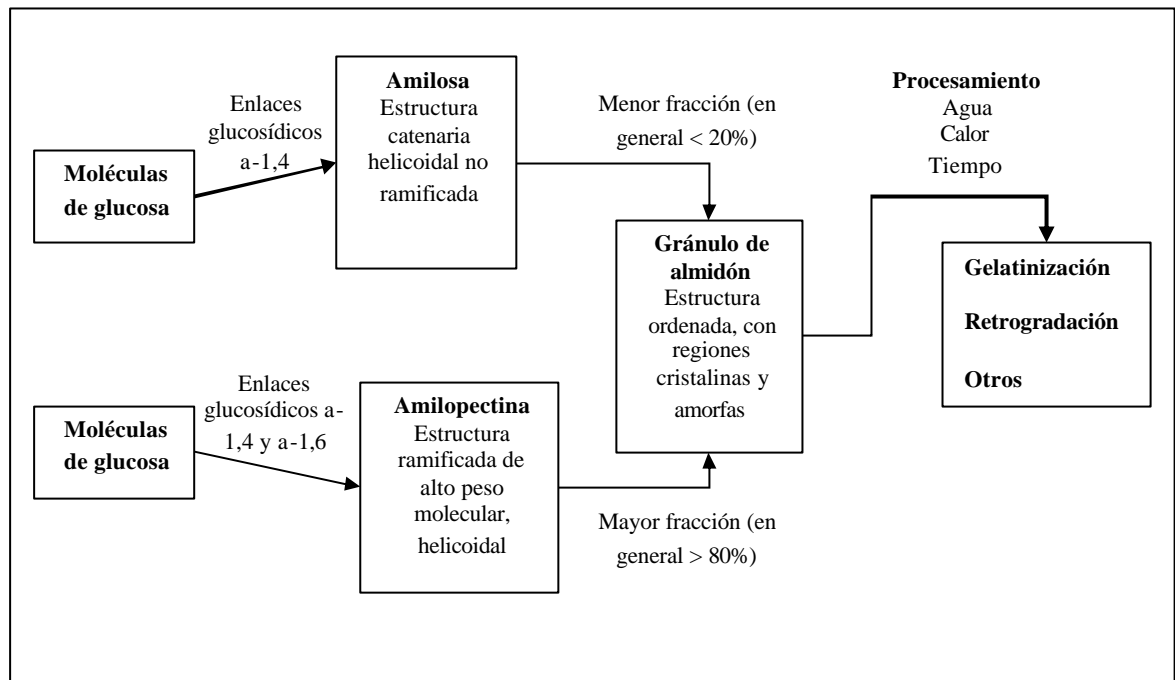
Se ha mostrado que alimentos con IG bajo mejoran la tolerancia a la glucosa, tanto en personas sanas como en diabéticos. Otros estudios han mostrado que una dieta caracterizada por un bajo IG disminuye los factores de riesgo para diabetes y dislipidemia. Por otra parte evidencia epidemiológica mostrarían un rol preventivo de dietas con bajo IG en relación a enfermedades cardiovasculares y diabetes tipo 2. Más recientemente nuevas evidencias de estudios transversales cruzados han demostrado una posible relación entre IG, resistencia insulínica y la prevalencia de síndrome metabólico (6). En la misma línea Thomas & Wolever (1) indican que existe evidencia que sugiere que el incremento postprandial de las concentraciones sanguíneas de glucosa e insulina son factores de riesgo para diabetes, enfermedades cardiovasculares y cáncer, recomendándose entonces (según evidencias disponibles) mantener una dieta alta en carbohidratos pero basada en alimentos de IG bajo.

Otro punto a considerar es el mayor efecto de saciedad que estarían produciendo los almidones lentamente digeribles comparados con almidones de rápida digestión (o grasas). Este hecho redundaría en un menor consumo calórico total diario, al tener una dieta basada en almidones lentamente digeribles, siendo éste un factor a considerar cuando se quiere prevenir la obesidad en la población. Los mismos autores destacan también el efecto del consumo de almidones lentamente digeribles en la capacidad de aprendizaje a corto plazo, indicando que comidas basadas en carbohidratos lentamente digeribles mejorarían las habilidades cognitivas en preescolares.

EL ALMIDÓN

El almidón es un polímero de la glucosa, es decir, una sustancia cuya estructura molecular se basa en la unión de moléculas de glucosa. Estas moléculas de glucosa están unidas entre ellas mediante enlaces α -D-(1-4) y/o α -D-(1-6), siendo estos enlaces digeribles por las enzimas secretadas por nuestro sistema digestivo. El almidón consta de dos estructuras primarias, la amilosa, que es un polímero lineal con uniones α -D-(1-4), y la amilopectina, que es un polímero ramificado con uniones α -D-(1-4) y α -D-(1-6). De estos dos polímeros el principal constituyente del almidón es, comúnmente, la amilopectina, estando la fracción exacta determinada por el origen botánico (16). La amilosa y amilopectina tienen distintos grados organizacionales desde el nivel molecular hasta el nivel ópticamente perceptible, es decir, distintos niveles de empaque desde la conformación espacial de las moléculas, hasta llegar a formar el gránulo de almidón (figura 1), que es como se encuentra el almidón en las plantas (4, 16). Estos gránulos se encuentran en los cloroplastos de hojas verdes y en los amiloplastos de semillas, legumbres, y tubérculos (16). El almidón se encuentra en grandes cantidades en cereales, raíces comestibles y legumbres, siendo el carbohidrato de depósito de las plantas y la principal fuente dietaria de carbohidratos, y por ende, de energía del ser humano (4, 28).

FIGURA 1
Organización básica del almidón. Los procesos culinarios y/o tecnológicos modifican la microestructura del almidón de manera importante.



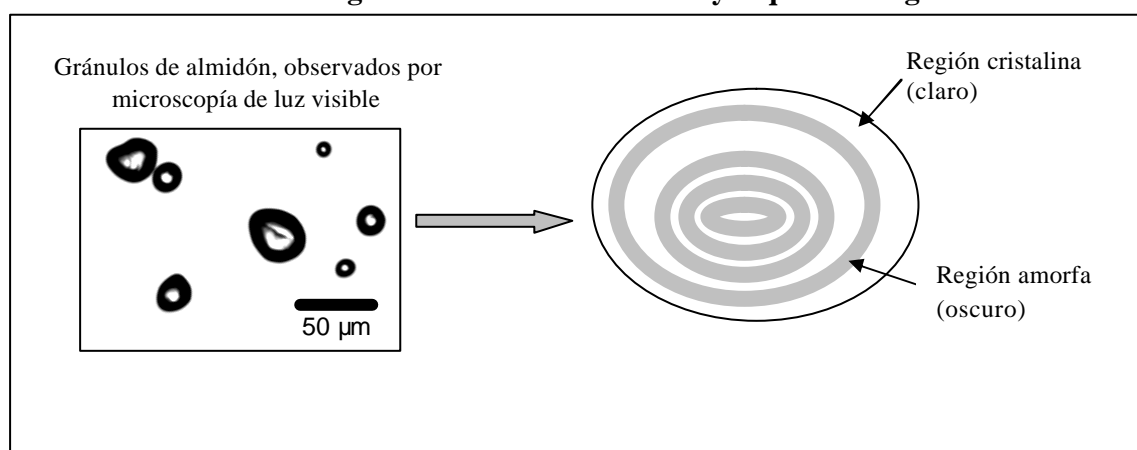
La tabla 2 resume las principales formas en que el almidón puede encontrarse en un alimento, respecto a su estado físico, y las técnicas para evaluar dichos estados (16-19). En la figura 2 se muestra una imagen de almidón nativo (crudo) y un esquema resumido de su organización.

TABLA 2

Tipo de almidón	Estado físico del almidón				Técnica para evaluar estado del almidón y principio
	Estado de las cadenas de amilosa y amilopectina	Fuente	Capacidad de absorber agua	Digestibilidad	
Nativo (gránulos de tamaño variable, de 10-80µm)	Semicristalino (30% cristalino, 70% amorfo)	Alimentos crudos principalmente	30% de su peso a temperatura ambiente (<50°C)	Baja, la menor de todas	<i>Calorimetría diferencial de barrido</i> ; se basa en medir los cambios en la energía interna.
Gelatinizado	Amorfo	Alimentos procesados	25 a 30 veces su volumen original	Alta, la mayor de todas	<i>Microscopía</i> ; se puede obtener información sobre número de gránulos, forma, tamaño, etc.
Retrogradado	Semicristalino (entre nativo y gelatinizado) El almidón puede estar en cualquier estado: nativo gelatinizado, o retrogradado	Alimentos procesados, almacenados	Entre nativo y gelatinizado	Intermedia entre nativo y gelatinizado	<i>Difractometría de rayos X</i> ; se puede saber el contenido y tipo de estructura cristalina
Almidón en una matriz (de proteína, fibra, etc.)		Cualquier alimento	Depende mucho de la disponibilidad de agua en la matriz	Intermedia, influenciada por la matriz	

FIGURA 2

Vista de gránulos de almidón nativo y esquema del gránulo



Evaluación del estado físico del almidón

La evaluación de la microestructura de los almidones se realiza mediante distintas técnicas que tratan de estimar el orden interno de los gránulos, a través de determinar distintos parámetros o valores que son dependientes del ordenamiento molecular del almidón. Entre las técnicas más usadas se cuentan: la calorimetría diferencial de barrido (DSC, por su nombre en inglés), que determina la temperatura a la cual suceden cambios de estado (cambio en orden interno) y el flujo de calor involucrado en dichos cambios (10); difractometría de rayos X, la cual entrega espectros característicos (gráficas) para cada tipo de almidón encunto a su estructura interna (diferencias de fracción cristalina) (20); y el procesamiento y análisis de imágenes (procesamiento y análisis computacional), con lo que se obtiene información numérica que describe cuantitativamente la forma de los gránulos, número, o cualquier otro parámetro extraíble de imágenes obtenidas por microscopía (21).

EFFECTOS DEL ESTADO FÍSICO DEL ALMIDÓN EN LA RESPUESTA GLICÉMICA

Uno de los factores que más afecta la respuesta glicémica de un alimento es la mayor o menor susceptibilidad de sus carbohidratos a ser digeridos y absorbidos en nuestro sistema digestivo. Es decir, se puede modificar la respuesta glicémica (expresada como IG o CG) de un alimento si se logra variar el grado de digestión y absorción de los carbohidratos que contiene (6). Es en este sentido que el estado físico del almidón parece tomar una importancia relevante, ya que el estado físico estaría determinando la accesibilidad de las enzimas digestivas, limitando así el grado y velocidad en que éstas serían capaces de digerir los almidones (figura 3) (22-24).

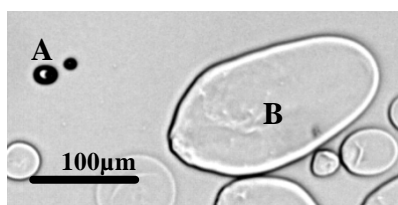
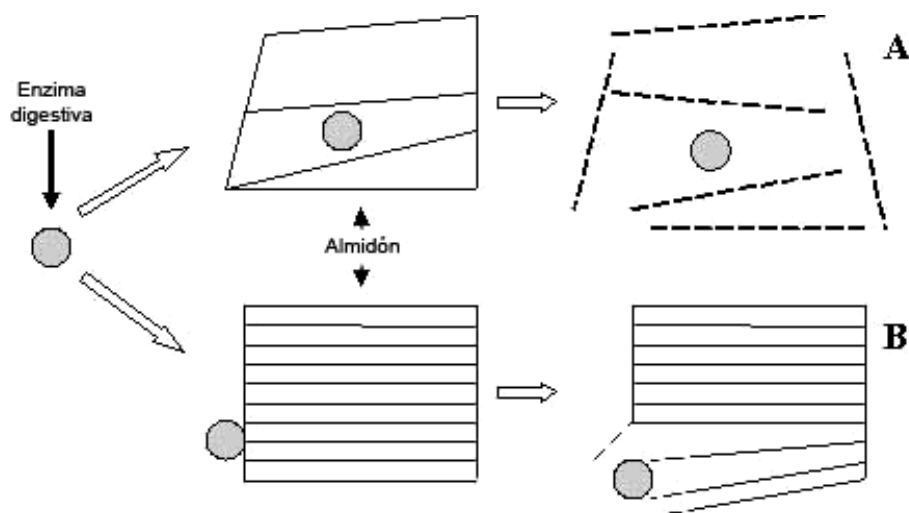
Englyst *et al.* (11) realizaron una clasificación nutricional del almidón vigente hasta hoy, basada en su grado de digestibilidad *in vitro* (tabla 3), y pusieron en evidencia que almidones de distinta fuente o con distinta forma (estado físico) eran digeridos siguiendo cinéticas diferentes. Así se pueden distinguir 3 tipos principales de almidón, los que se digieren de manera rápida (RDS), los que se digieren de manera lenta (SDS) y los que no se digieren en ningún grado o almidones resistentes (RS).

El almidón resistente (RS) ha recibido gran atención por su funcionalidad como fibra dietética y como una posibilidad de bajar la carga glicémica de alimentos amiláceos, siendo su estructura compacta (inaccesible para las enzimas digestivas) el factor determinante en la capacidad de este almidón a resistir los procesos físico/enzimáticos (16). Sin embargo no se debe tener la formación de este tipo de almidón como un fin único a la hora de controlar la respuesta glicémica, sino que se debe considerar también el manejo fino de la estructura para obtener almidones con distintas cinéticas de digestibilidad; esto porque, si bien el aporte neto de glucosa puede llegar a ser el mismo que el del almidón RDS, los efectos fisiológicos al entregar glucosa a distintas velocidades pueden ser distintos (29).

Un factor que determina la presencia de almidón resistente es el contenido de amilosa. Hu *et al.* observaron que al aumentar el contenido de amilosa en almidón de arroz, aumentaba el contenido de almidón resistente; sin embargo los autores señalan que el contenido de amilosa no puede ser considerado un factor único que determine la digestibilidad del almidón en arroz de intermedio y alto contenido de amilosa (9).

FIGURA 3

Esquema del efecto de la acción enzimática en almidones de distinta microestructura: a estructuras más “abiertas” y/o desordenadas (más accesibles) la digestión se realiza de manera más rápida y/o completa (A), comparada con estructuras más compactas y/u ordenadas (B).



← Imagen obtenida por microscopía de luz visible de un almidón nativo (A) y uno gelatinizado (B)

En un trabajo realizado por Chung *et al.* se estudió específicamente el efecto de la gelatinización y retrogradación en la digestión enzimática de almidón de arroz, concluyendo que los distintos grados de gelatinización y retrogradación (inducidos por distintos tratamientos térmicos) determinan la cinética de digestión, explicándose esto por los cambios en la microestructura del almidón, siendo el estado amorfo (desordenado) del almidón más accesible para las enzimas digestivas que el estado cristalino (ordenado) (10). Resultados similares obtuvieron Han *et al.* que señalan que las estructuras más cristalinas en almidón de maíz son más lentamente digeribles (25).

Juntunen *et al.* concluyeron en su trabajo que la baja respuesta insulínica después de la ingestión de pan de centeno, comparada con la respuesta después de la ingestión de pan de trigo, no pudo ser explicada por la cantidad de fibra en el pan de centeno, pero sí por diferencias en las propiedades estructurales de ambos panes (26). Los autores señalan que, en el pan de centeno, una

fase continua fue formada por gránulos de almidón empacados de manera, mientras que en el pan de trigo los gránulos de almidón fueron encerrados en una red extensible de gluten que formó la fase continua; esto causaría menos porosidad y una estructura mecánicamente más firme en el pan de centeno, lo que derivaría en una menor accesibilidad a las enzimas digestivas.

Giacco *et al.* observaron que los ñoquis producían respuestas glicémicas más bajas que otros alimentos como pizza o pan blanco (7). Esto sería consecuencia de su estructura más compacta (observada por microscopía electrónica de barrido), ya que estaría limitando la acción enzimática al momento de la digestión. En el mismo sentido Riccardi *et al.* (27) concluyeron que la microestructura presente en el alimento juega un importante rol en la determinación de la accesibilidad del almidón a la digestión, influyendo así en la respuesta glicémica postprandial, la cual modula los niveles de insulina y lípidos plasmáticos. Debido a esto, se pueden encontrar alimentos que, si bien no son particularmente ricos en fibra, sí presentan bajos IG, como los tallarines y ñoquis.

<p>TABLA 3</p> <p>Clasificación nutricional de almidón para humanos, <i>in vitro</i></p>		
Tipo de almidón	Ejemplos de alimentos	Posible digestión en intestino delgado
Almidón rápidamente digerible (RDS)	Alimentos amiláceos recientemente cocidos	Rápido
Almidón lentamente digerible (SDS)	Mayoría de los cereales crudos	Lenta pero completa
Almidón resistente (RS)		
1. Almidón físicamente inaccesible, RS-1	Granos y semillas parcialmente molidos	Resistente
2. Gránulos de almidón resistentes, RS-2	Papa cruda y plátano	Resistente
3. Almidón retrogradado, RS-3	Papa, pan y avenas refrigerada, cocinados	Resistente
4. Almidón químicamente modificado, RS-4	Modificación inducida	Resistente

Otros constituyentes estructurales distintos al almidón, como las proteínas, pueden tener también un efecto similar en cuanto a limitar la accesibilidad de enzimas; Fardet *et al.* realizaron un estudio de digestión *in vitro* de tallarines y lasaña, y usaron microscopía electrónica de barrido para explicar sus resultados; los autores concluyeron que la presencia de una red proteica estructurada y continua constituía una barrera física, pero no total, para α -amilasa, lo que estaría explicando la lenta degradación del almidón en las pastas (19).

CONCLUSIONES

La condición física del almidón (microestructura) es un factor importante que determinará la cinética de digestibilidad. La microestructura del gránulo de almidón y de la matriz que lo contiene estaría determinando la proporción máxima de almidón digerido, así como la velocidad a la que ésta digestión se realiza. Esto se debe a las diferencias en la accesibilidad física de las enzimas digestivas al presentarse diferentes estructuras (estructuras ordenadas o compactas son menos accesibles que estructuras desordenadas o abiertas). Lo anterior toma real importancia si consideramos que la cinética de digestibilidad sería un punto importante que determinaría, a su vez, la respuesta glicémica y/o los efectos fisiológicos de cada alimento o dieta. Esto implica, por ejemplo, que para lograr digestiones lentas, con respuestas glicémicas “suaves”, se debería preferir alimentos que presenten almidones de estructuras más ordenadas o compactas, en reemplazo de otros con estructuras más desordenadas o abiertas.

Por otro lado, el desafío a futuro parece ser el desarrollar técnicas o procedimientos analíticos más adecuados, que entreguen resultados numéricos confiables (representativos y reproducibles), para evaluar de mejor manera la microestructura presente (ejemplo: calorimetría diferencial de barrido, análisis de imágenes, entre otras) y así hacerla matemáticamente “correlacionable” con los valores de digestibilidad (*in vitro*) o respuesta glicémica (*in vivo*). Así se lograría un mejor entendimiento de los procesos involucrados (vía descripción cuantitativa), para luego controlarlos y desarrollar alimentos de acuerdo a requerimientos específicos. Junto con esto, se deben seguir realizando investigaciones tendientes a dilucidar mejor los efectos fisiológicos de distintos alimentos amiláceos, en función de sus características microestructurales, lo que pasa necesariamente por lograr una mejor estandarización de procedimientos y términos que describen la respuesta fisiológica de dichos alimentos (IG, CG, u otros a desarrollar).

RESUMEN

Se ha observado que alimentos que contienen almidón en cantidades similares pueden generar respuestas glicémicas diferentes. En este trabajo se realizó una revisión bibliográfica tendiente a estudiar uno de los factores que modelaría estas diferencias: el estado físico del almidón contenido en el alimento. Los resultados expuestos indican que el estado físico (que llamaremos microestructura) del almidón es uno de los factores principales a considerar, ya que determinaría cómo y qué fracción del total será digerida, lo cual a su vez determina cómo y cuánto será absorbido para su uso metabólico. Estudios tendientes a una mejor cuantificación, tanto de la microestructura como de la respuesta glicémica y efectos fisiológicos, parecen ser necesarios si se tiene como objetivo el poder diseñar alimentos que cumplan con requerimientos nutricionales específicos.

Palabras claves: respuesta glicérica, almidón, digestibilidad, microestructura.

Dirigir la correspondencia a:

Profesor
Jaime Rozowski N.
Departamento de Nutrición, Diabetes y Metabolismo
Facultad de Medicina
Pontificia Universidad Católica de Chile
Lira 40, Piso 4
Teléfono: 633 8298
E-mail: jrozowski@puc.cl

BIBLIOGRAFIA

- 1 Thomas MS. Wolever DM. Carbohydrate and the regulation of blood glucosa and metabolism, *Nutr Rev* 2003; 61:40–48.
- 2 Berti C. Riso P. Monti LD. Porrini M. In vitro starch digestibility and in vivo glucose response of gluten-free foods and their gluten counterparts, *Eur J Nutr* 2004; 43:198–204.
- 3 Aguilera JM. Why food microstructure?, *J Food Eng* 2005; 67:3–11.
- 4 Browman BA. Russell RM. Conocimientos actuales sobre nutrición (8a.ed., pp.64–77). Organización panamericana de la salud, Washington DC, 2001.
- 5 Foster-Powell K. Holt SH. Brand-Miller JC. Internacional table of glycemic index and glycemic load values, *Am J Clin Nutr* 2002; 76:5–56.
- 6 Granfeldt Y. Wu X. Björck I. Determination of glycaemic index; some methodological aspects related to the analysis of carbohydrate load and characteristics of the previous evening meal, *Eur J Clin Nutr* 2006; 60:104–112.
- 7 Giacco R. Brighenti F. Parillo M. Capuano M. Ciardullo AV. Rivieccio A. Rivellese AA. Riccardi G. Characteristics of some wheat-based foods of the Italian diet in relation to their influence on postprandial glucose metabolism in patients with type 2 diabetes, *Brit J Nutr* 2001; 85:33–40.
- 8 Rendón-Villalobos R. Agama-Acevedo E. Islas-Hernández JJ. In vitro starch bioavailability or corn tortillas with hydrocolloids, *Food Chem* 2006; 97:631–636.
- 9 Hu P. Zhao H. Dual Z. Linlin Z. We D. Starch digestibility and the estimated glycemic score of different types of rice differing in amylase contents, *J Cereal Sci* 2004; 40:231–237.
- 10 Chung H. Lim HS. Lim S. Effect of partial gelatinization and retrogradation on the enzymatic digestion of waxy rice starch, *J Cereal Sci* 2006; 43:353–359.
- 11 Englyst HN. Kingman SM. Cummings JH. Classification and measurement of nutritionally important starch fractions, *Eur J Clin Nutr* 1992; 46:S33–S50.
- 12 Gregory JF. Quinlivan EP. Davis SR. Integrated the issues of folate bioavailability, intake and metabolism in the era of fortification, *Trends Food Sci Tech* 2005; 16:229–240.
- 13 Araya H. Contreras P. Alviña M. Vera G. Pak N. A comparison between an *in vitro* method to determine carbohydrate digestion rate and the glycemic response in young men, *Eur J Clin Nutr* 2002; 56:735–739.
- 14 Seal CJ. Daly ME. Thomas LC. Bal W. Birkett AM. Jeffcoat R. Mathers JC. Postprandial carbohydrate metabolism in healthy subjects and those with type 2 diabetes fed starches with slow and rapid hydrolysis rates determined in vitro, *Brit J Nutr* 2003; 90:853–864.
- 15 Goñi I. Garcia-Alonso A. Saura-Calixto F. A starch hydrolysis procedure to estimate glycemic index, *Nutr Res* 1997; 17:427–437.
- 16 Sajilata MG. Singhal RS. Kulkarni PR. Resistant starch-a review, *Compr Rev Food Sci Food Saf* 2006; 5:1–17.

- 17 Dussaillant M. Estudio de transiciones de fase del almidón de papa por microscopía. Memoria para optar al grado de Ingeniero Civil de Industrias con mención en Química de la Pontificia Universidad Católica de Chile, 2000.
- 18 Shin SI. Kim HJ. Ha HJ. Lee SH. Moon TW. Effect of hydrothermal treatment on formation and structural characteristics of slowly digestible non-pasted granular sweet potato starch, *Starch/Stärke* 2005; 57:421–430.
- 19 Fardet A. Hoebler C. Baldwin PM. Bouchet B. Gallant DJ. Barry JL. Involvement of the protein network in the *in vitro* degradation of starch from spaghetti and lasagna: a microscopic and enzymic study, *J Cereal Sci* 1998; 27:133–145.
- 20 Farhat IA. Blanshard JM. Mitchell JR. The retrogradation of waxy maize starch extrudates: effects of storage temperature and water content, *Biopolymers* 2000; 53:411–422.
- 21 Srikaeo K. Furst JE. Ashton JF. Hosken RW. Microstructural changes of starch in cooked wheat grains as affected by cooking temperatures and times, *Food Sci Technol-Leb* 2006; 39:528–533.
- 22 Goñi I. Valdivieso L. Garcia-Alonso A. Nori seaweed consumption modifies glycemic response in healthy volunteers, *Nutr Res* 2000; 20:1367–1375.
- 23 Heacock PM. Hertzler SR. Wolf B. The glycemic, insulinemic, and breath hydrogen responses in humans to a food starch esterified by 1-octenyl succinic anhydride, *Nutr Res* 2004; 24:581–592.
- 24 Osorio-Díaz P. Bello-Pérez LA. Sáyago-Ayerdi SG. Benítez-Reyes M. Tovar J. Paredes-López O. Effect of processing and storage time on *in vitro* digestibility and resistant starch content of two bean (*Phaseolus vulgaris* L) varieties, *J Sci Food Agr* 2003; 83:1283–1288.
- 25 Han X. Ao Z. Janaswamy S. Jane J. Chandrasekaran R. Hamaker BR. Development of a low glycemic maize starch: preparation and characterization, *Biomacromolecules* 2006; 7:1162–1168
- 26 Juntunen KS. Laaksonen DE. Autio K. Niskanen LK. Holst JJ. Savolainen KE. Liukkonen K. Poutanen KS. Mykkänen HM. Structural differences between rye and wheat breads but not total fiber content may explain the lower postprandial insulin response to rye bread, *Am J Clin Nutr* 2003; 78:957–964.
- 27 Riccardi G. Clemente G. Giacco R. Glycemic index of local foods and diets: the mediterranean experience, *Nutr Rev* 2003; 61:56–60.
- 28 <http://www.fao.org/es/ess/faostat/foodsecurity/Files/DietNutrients.xls>, 01 de agosto de 2007.
- 29 <http://www.fao.org/docrep/W8079E/w8079e00.htm#Contents>, 01 de agosto de 2007.