



Anales
de la Universidad
de Chile

Tabla de Contenidos

Número Actual

Números Anteriores

Presentación

Reseña Histórica

Numeración y Series

Comité Editorial

Normas Editoriales

— Nutrición

[Valor nutricional de los hidratos de carbono de los alimentos: integración de los estudios químicos y biológicos]

Araya L., Héctor, Prof.

Centro de Nutrición Humana, Facultad de
Medicina, Universidad de Chile

▣ Cita / Referencia

Araya L., Héctor, Prof. Valor nutricional de los hidratos de carbono de los alimentos: integración de los estudios químicos y biológicos. Anales de la Universidad de Chile. VI serie: N°11, agosto 2000

▣ http://www2.anales.uchile.cl/CDA/an_completa/0,1281,SCID%253D3311%2526ISID%253D7%2526ACT%253D0%2526PRT%253D1828,00.html

▣ Texto

Los hidratos de carbono son los macronutrientes que constituyen el principal aporte cuantitativo de nutrientes en las dietas de los países y contribuyen en una alta proporción a satisfacer las demandas energéticas de la población(1). Se encuentran en altas concentraciones en los cereales y leguminosas; en cantidades menores en frutas, verduras y en menor cantidad en los productos de origen animal(2). Los azúcares o hidratos de carbono simples y el almidón, que forma parte de los hidratos complejos, son los que frecuentemente se encuentran en los alimentos. El exponente típico de los azúcares es la sacarosa o azúcar refinada. Los almidones son polímeros de la glucosa y junto con los azúcares son los hidratos de carbono digeribles y absorbibles a nivel intestinal. La fibra dietética está compuesta de hidratos de carbono complejos que no son digeridos por las enzimas digestivas. Cuando pasan al intestino grueso, una fracción de la fibra dietética es fermentada por la flora bacteriana, formándose ácidos grasos de cadena corta que son metabolizados parcialmente en el colonocito(3).

Los efectos nutricionales de los hidratos de carbono se pueden sintetizar en los siguientes puntos:

- Son el principal aporte energético de las dietas
- Favorecen la síntesis proteica
- Mantienen la sensibilidad insulínica, evitando la resistencia insulínica asociada a la mayor prevalencia de obesidad, diabetes y enfermedades cardiovasculares.
- Proveen hidratos de carbono fermentables al colon con producción de ácidos grasos de cadena corta que influyen positivamente en el metabolismo de las lipoproteínas y en la regulación de la neoglucogénesis hepática.
- Desplazan a compuestos dietéticos riesgosos como las grasas saturadas.
- Aumentan la saciedad de las comidas disminuyendo los riesgos de obesidad.
- Promueven depósitos de energía no lipídica (glucógeno), favoreciendo la actividad física de los sujetos.

Hasta hace poco tiempo el interés principal de las recomendaciones nutricionales dirigidas a mantener en buen estado de salud a la población se centraba, con respecto a los macronutrientes, en los lípidos y las proteínas. Las referentes a los hidratos de carbono se derivaban de las recomendaciones de proteínas y lípidos. Con este criterio se establecieron las metas nutricionales actuales: en los lípidos, un 30% de las calorías totales con una proporción de ácidos grasos saturados, monoinsaturados y poliinsaturados de 1:1:1; en las proteínas de 10 a un 12% de las calorías, de adecuada calidad y digestibilidad, y en los hidratos de carbono un 58% a 60% de las calorías, que corresponde a la diferencia entre 100 y la suma de las calorías proteicas y lipídicas. Se enfatiza que mayoritariamente el aporte debe provenir de los hidratos de carbono complejos(1). En las guías alimentarias se recomienda moderar el consumo de azúcar, es decir de los hidratos de carbono simples, y aumentar el consumo de hidratos de carbono complejos. En el modelo de la pirámide alimentaria, el consumo de azúcar se ubica en el nivel superior, parte estrecha de la pirámide, sugiriendo una disminución del consumo de hidratos de carbono simples. Los alimentos que son buena fuente de hidratos de carbono complejos se ubican en la base de la pirámide, con excepción de las leguminosas secas, lo que significa una recomendación de un consumo más alto, sin hacer distinción entre los diferentes tipos de hidratos de carbono complejos disponibles que los constituyen(2).

En la actualidad los hidratos de carbono complejos disponibles han adquirido relevancia en las estrategias alimentarias destinadas a la prevención de las enfermedades crónicas no transmisibles(4). Aunque todavía es frecuente el pensamiento que estos compuestos son hidrolizados y absorbidos más lentamente que los hidratos de carbono simples, existen evidencias que cuando se ingieren los almidones puros presentan una digestión rápida similar a la glucosa y al almidón parcialmente hidrolizado(5). Por el contrario, hay suficientes estudios que demuestran que los hidratos de carbono complejos disponibles, cuando se ingieren formando parte de los alimentos, muestran distintas respuestas fisiológicas(6-8). En consecuencia es posible distinguir las respuestas fisiológicas y así disponer de criterios para definir el concepto de calidad nutricional de los hidratos de carbono, sustentado en estas respuestas fisiológicas y considerando en forma indisoluble el alimento que conforman.

El almidón es el componente principal de los hidratos de carbono complejos disponibles en los alimentos. No es un componente homogéneo(9,10) y debería emplearse el término genérico de «almidones», debido a sus diferentes estructuras químicas y físicas(10). Los almidones están constituidos por dos compuestos: amilosa y amilopectina. La configuración molecular de la amilosa es eminentemente lineal con enlaces del tipo 1-4, con algunas cadenas ramificadas(11); en cambio, la amilopectina es una molécula ramificada con enlaces 1-6 y con un pequeño número de enlaces lineales 1-4(12). En los alimentos la amilopectina se encuentra en una mayor proporción, con porcentajes de 60 a 85%(13). La relación entre amilosa y amilopectina influye en las propiedades fisicoquímicas y fisiológicas de los almidones(14).

Los almidones de los alimentos crudos forman un gránulo de estructura semicristalina insoluble en agua. Esta estructura se rompe irreversiblemente al calentar el alimento en un medio acuoso, proceso llamado gelatinización. En este proceso se rompen los enlaces de hidrógeno de las cadenas de almidón, entrando moléculas de agua a los espacios entre las cadenas de almidón, causando la ruptura de la estructura(15). El almidón se transfiere al medio acuoso, formando una suspensión viscosa. El almidón calentado en abundante agua se gelatiniza a temperaturas de 56 a 68 °C, con temperaturas específicas para cada alimento(15), siendo más altas en los que tienen una mayor proporción de amilosa(16).

La digestión de los almidones comienza en la boca por efecto de la amilasa salival y finaliza en el intestino delgado por la acción de las enzimas digestivas. Los resultados experimentales de la velocidad de digestión y absorción sugieren que en la evaluación del valor nutritivo de los hidratos de carbono se debe considerar las características químicas de los hidratos de carbono y las propiedades físico químicas de los alimentos. Estas influyen marcadamente en la velocidad de digestión de los almidones y por consecuencia en su velocidad de absorción.

La respuesta glicémica al consumo de almidones depende de las propiedades físicas y químicas del alimento que son función de su estructura. En la cadena alimentaria los alimentos están sujetos a diversas manipulaciones antes de llegar al consumidor lo que influye sobre la velocidad de la digestión de los almidones(6,7). Por ejemplo, ésta es lenta cuando están dentro de las células con pared celular rígida de los granos de las leguminosas y de los cereales integrales. Esta estructura dificulta la gelatinización producida durante la cocción del alimento y las enzimas digestivas que hidrolizan los almidones actúan más difícilmente(8). El mismo efecto se produce en alimentos con estructuras más cristalinas formadas durante la aplicación de tratamientos tecnológicos; es el caso del spaghetti por consecuencia de la tecnología empleada en su elaboración(17). Otros factores propios del alimento o de sus formas de preparación son: el grado de molienda de los granos, siendo la digestión más lenta a mayor tamaño de partícula(18); la viscosidad del medio intestinal, que aumenta con la fibra dietética soluble del alimento y provoca un retardo en el vaciamiento gástrico (19,20) lo que a su vez disminuye la velocidad de digestión(21); y la aplicación de diferentes tratamientos industriales y culinarios(22).

La retrogradación de los almidones disminuye su velocidad de digestión y se produce cuando se enfrían los alimentos cocinados. A baja temperatura se reordena la estructura cristalina de los almidones por formación de enlaces de hidrógeno(15).

Otro aspecto interesante es el concepto de almidón resistente que surgió de los estudios de digestión enzimática in vitro y de la digestibilidad de los hidratos de carbono en animales de experimentación(3,23-26). En algunos alimentos se encuentra el almidón resistente en forma natural como el almidón encapsulado de los frijoles(25), el no gelatinizado del plátano verde y de la papa cruda(26). En otros se forma durante los procesos tecnológicos, como el almidón modificado químicamente o el resultante de la aplicación de calor seco a los alimentos(27). El almidón resistente no se digiere por la acción enzimática en el tracto gastrointestinal y pasa al intestino grueso donde a semejanza de la fibra soluble, es fermentado por la flora microbiana(23,25).

Los hidratos de carbono absorbidos a nivel intestinal inducen una respuesta hormonal inmediata, elevando la insulinemia, regulando los niveles de glicemia y la oxidación de los hidratos de carbono; ambos factores influyen sobre la saciedad(28,29). Los alimentos de rápida absorción que contienen dextrinas de bajo peso molecular, maltosa, sacarosa, o el puré de papas y el pan, producen una respuesta glicémica e insulinémica elevada. Posteriormente se observa un rápido descenso que lleva los valores a niveles más bajos que los basales, explicando la menor saciedad observada con este tipo de hidratos de carbono(29).

Un enfoque que ha adquirido importancia se refiere a que los alimentos, como tales, influyen en el comportamiento biológico de los nutrientes. Las características estructurales de los alimentos se relacionan con la velocidad de la digestión de los almidones y en consecuencia con la respuesta glicémica e insulinémica. Jenkins y cols.(30) demostraron que el efecto del consumo de almidón sobre la glicemia varía dependiendo del alimento. Por ejemplo, a igual consumo de hidratos de carbono, la lenteja produce bajos índices glicémicos comparados con el pan blanco. Se concuerda que los hidratos de carbono de digestión lenta producen curvas glicémicas e insulinémicas más aplanadas y sustentables en el tiempo (31), disminuyendo los riesgos de resistencia insulinémica(32-34). Por otra parte, el almidón de papa en el puré instantáneo es digerido rápidamente y su efecto glicémico es similar al de una carga equivalente de glucosa (32). En la tabla 1 se ilustra los valores de índice glicémico de alimentos de consumo habitual.

Tabla 1: Índice Glicémico(*) de Alimentos de Consumo Habitual

-	estándar glucosa	estándar pan blanco
Choclo var dulce	62	89
Corn flakes	84	119
Arroz parboiled	38	54
Arroz cocido (15 minutos)	50	71
Galletas de agua	63	90
Porotos	29	42
Garbanzos	33	47
Lentejas	28	40
Spaghetti (cocidos 15 min)	41	89
Arvejas	22	32

Fuente: Foster-Powell K., Brand Miller J. Am J Clin Nutr 1995; 62: 871S-983S.
 * Índice glicémico es la relación porcentual de la respuesta glicémica a un alimento con relación a la respuesta de la curva glicémica de un alimento considerado como patrón (glucosa o pan blanco)

Con respecto al efecto de los tratamientos y de las combinaciones de alimentos sobre los valores del índice glicémico, Haber y cols. demostraron que el jugo de manzana indujo valores superiores a la manzana entera(36). Brand Miller y Lobezo evidenciaron que la adición de azúcar a los cereales para el desayuno y a los productos de horneado, disminuyó el índice glicémico(37). Por otra parte, los alimentos con alto contenido de grasas como las barras

de chocolate o helados de crema producen valores inferiores a los de la sacarosa, sugiriendo que las grasas modifican la respuesta glicémica de la sacarosa(38). La grasa reduce la motilidad gástrica, disminuyendo el vaciamiento gástrico y con esto la respuesta glicémica.

La saciedad es otra respuesta fisiológica en que se demuestra un efecto de los hidratos de carbono. Se define como la reducción de la sensación de hambre después del consumo de alimentos en una comida previa o después de un corto tiempo de haber recibido una precarga de alimentos. Es un proceso complejo ya que expresa la interacción de factores metabólicos, fisiológicos y psicológicos(5). El estudio de los factores dietéticos que influyen en la saciedad es esencial para analizar la génesis de la obesidad. Entre los factores involucrados se encuentran el consumo energético, el volumen de alimentos consumido, la densidad energética, la consistencia de la dieta (líquida, semilíquida y sólida), y las concentraciones de macronutrientes(39-40).

La mayor parte de los trabajos sobre el poder saciador de los hidratos de carbono se concentran en su comparación con los lípidos(41-44). Existen cada vez más evidencias que demuestran que los hidratos de carbono son más saciadores que los lípidos. Blundell(44) analizó estudios en sujetos normales y obesos, concluyendo que la grasa aporta mayor cantidad de energía por gramo e induce un mayor consumo energético en la comida siguiente y en el día entero. Sujetos obesos que consumieron una comida alta en grasa no compensaron en la comida subsecuente; por el contrario consumieron alimentos altos en grasa. Algunos autores postulan que el organismo no dispone de sensores específicos de regulación del consumo de grasa(45). Esto se relaciona con el hecho que la grasa presenta una menor tasa de oxidación que las proteínas e hidratos de carbono, siguiendo la vía de depósito más que la de la oxidación(46).

El estudio de las respuestas biológicas de los nutrientes que constituyen los alimentos tiene como base esencial la composición química de los alimentos. Con respecto a la determinación de los hidratos de carbono en los alimentos, se ha seguido con la misma tendencia ya comentada para las recomendaciones nutricionales. En el análisis proximal, los hidratos de carbono se calculan frecuentemente en forma indirecta por diferencia entre 100 y los valores porcentuales de agua, cenizas, proteína y lípidos. Esta forma de determinación incluye a los hidratos de carbono biológicamente disponibles y a la fibra dietética. Luego se corrigió considerando los valores de la fibra cruda que subestiman apreciablemente los valores de la fibra dietética. En los últimos años se incrementó el interés por conocer los valores de la fibra dietética por su relación con las enfermedades crónicas no transmisibles, y con este propósito se han desarrollado y aplicado métodos de análisis enzimáticos. Al considerar estos análisis y restarlos a los hidratos de carbono obtenidos por diferencia, los valores resultantes se acercan bastante a la realidad.

Otro aspecto esencial en el estudio del valor biológico de los alimentos es crear una metodología de laboratorio que pueda predecir los efectos biológicos. En los hidratos de carbono de los alimentos, la investigación se ha centrado en la determinación de las velocidades de digestión in vitro de los hidratos de carbono. Sólo el enunciado de esta área de investigación refleja la complejidad de la tarea, especialmente cuando la estructura del alimento que se consume es uno de los factores esenciales para determinar el efecto biológico de los hidratos de carbono. Se acepta que, a pesar de lo difícil que es replicar lo que sucede en la realidad cuando se ingiere el alimento, el método ha logrado predecir el efecto en algunos alimentos. Un avance importante fue el desarrollo de una metodología de laboratorio que cuantifica la sensibilidad de los almidones de los alimentos a las enzimas digestivas(47). Este método determina la velocidad de digestión in vitro de los hidratos de carbono y clasifica a los alimentos en: de digestión rápida, lenta y refractaria a la acción enzimática. Se han propuesto algunos índices, como el de digestión rápida, que se define como la suma del almidón de digestión rápida más la glucosa libre, incluyendo la que proviene de la sacarosa, por 100 gramos del alimento tal como se consume(48). En los alimentos de consumo habitual se evidencia que el pan, las galletas y los cereales para el desayuno tienen valores altos, sugiriendo una efectiva gelatinización de los almidones; en cambio alimentos como el arroz y el spaghetti presentan valores bajos debido a que las estructuras físicas de estos alimentos disminuyen la gelatinización de los almidones. Valores de velocidad de digestión in vitro de hidratos de carbono presentes en alimentos se describen en la Tabla 2.

Tabla 2: Digestión Enzimática in Vitro de Hidratos de Carbono de los Alimentos

Alimentos	Digestión rápida %	Digestión lenta %	Digestión muy lenta
Spaghetti	2 6.4	2 7.2	46.4
Galletas de agua	40.1	42.7	17.2
Pan blanco fresco	52.3	47.7	0
Arroz cocido	30.2	30.2	39.6
Choclo cocido	42.8	24.7	32.5

Resultados: Proyecto FONDECYT 1980893. H. Araya, N. Pak, M. Alviña, G. Vera, J. Codoceo.

¿Cuál es el significado biológico de estas diferentes velocidades de digestión de los almidones? Una comparación de los valores mostrados en la tabla 2, realizados con alimentos producidos en Chile, con los índices glicémicos ilustrados en la tabla 1, sugiere que en los cereales y sus productos la relación es bastante aceptable. En cambio, en las leguminosas no se observó una relación entre el método de laboratorio y los estudios fisiológicos, lo que podría explicarse porque los valores de índice glicémico bajos de las leguminosas contemplan la estructura del grano y el alto contenido de fibra dietética. En el método enzimático in vitro se adiciona una cantidad estandarizada de fibra soluble y por lo tanto el efecto de la fibra de los alimentos se homogeniza y no se encuentra una relación entre ambas metodologías.

Los resultados de las comparaciones entre la metodología química y la biológica permiten visualizar que es necesario profundizar la investigación química en el área de los hidratos de carbono de los alimentos con el propósito de disponer de indicadores rápidos y confiables que permitan evaluar el valor saludable de los alimentos. Esta búsqueda cotidiana, incansante y creativa, que realizan los mejores de los nuestros, es de por sí un homenaje al Profesor Herman Schmidt Hebbel, espíritu innovador y ejemplificador para todos los que dedicamos nuestra vida a mejorar, desde nuestra perspectiva científica, la vida de las personas.

Bibliografía

1. ARARAYA H, ARTEAGA A. *Metas nutricionales. En: Nutrición y Salud. Eds. Ruz M, Araya H, Atalah E, Soto D. Facultad de Medicina, Universidad de Chile. Santiago, Chile. pp 409-422, 1996.*
[volver](#)
2. JURY G, URTEAGA C, TAIBO M, CÁRDENAS R. *Consuma distintos tipos de alimentos durante el día. En: Guía; de Alimentación para la Población Chilena. Eds. Castillo C, Uauy R, Atalah E. Ministerio de Salud, Universidad de Chile, Santiago, Chile. pp 65-78, 1977.*
[volver](#)
3. CUMMINGS JH, ENGLYST HN. *Measurement of starch fermentation in the human large intestine. Can J Physiol Pharmacol 1991; 69: 121-129.*
[volver](#)
4. TRUSWELL AS. *Glycaemic index of foods. Europ J Clin Nutr; 46 (suppl): S91- SI 01, 1992.*
[volver](#)
5. WAHLQVIST ML, WILMSHURST EG, MURTON CR, RICHARDSON EN. *The effect of chain length on glucose absorption and the related metabolic responses, Am J Clin Nutr, 31: 1998-2001, 1978.*
[volver](#)
6. BJORCK I, GRANDFELDT Y, LILJEBERG H, TOVAR J, Asp N-G. *Food properties affecting the digestion and absorption of carbohydrates. Am J Clin Nutr, 59 (suppl): 6995- 7055, 1994.*
[volver](#)
7. WONG S, O' DEAL. *Importance of physical form rather than viscosity in determining the rate of starch hydrolysis in legumes. Am J Clin Nutr; 37: 66-70, 1983.*
[volver](#)
8. WURSCH P, DEL VEVODO S, KOELRUTTER B. *Cell structure and starch nature as key determinants of the digestion rate of starch in legume. Am J Clin Nutr; 43: 25- 29, 1986.*
[volver](#)
9. SOUTHGATE DAT. *The role of the gut microflora in the digestion of starches and sugars with special reference to their role in the metabolism of the host, including energy and vitamin metabolism. In: Dietary starches and sugars in man: A comparison. Ed. Dobbing J. ILSI Human Nutrition Reviews, Springer - Verlag, London. pp 67-87.*
[volver](#)
10. BNF (THE BRITISH NUTRITION FOUNDATION'S TASK FORCE). *Complex carbohydrates in foods. Chapman and Hill, London, pp3-21, 26-30,1990.*
[volver](#)
11. MATHESON NK. *A comparison of the structure of the fractions of normal and high amylose pea-seed starches prepared by precipitation with concavalin A. Carbohydrat Res; 199:195-205, 1990.*
[volver](#)
12. HOOVER R, SOSULSKI FW. *Composition, structure, functionality and chemical modifications of legume starches: A review. Can J Physiol Pharmacol, 69: 79- 92, 1991.*
[volver](#)
13. ENGLYST HN, KINGMAN SM. *Carbohydrates. In: Human Nutrition and Dietetics. Eds. Garrow JS, James WPT. Ninth Edition. Churchill Livingstone, London, 1993.*
[volver](#)
14. ZOBEL DF. *Molecules to granules. A comprehensive starch review. Starch /Starke; 40: 44, 1988.*
[volver](#)
15. CHINACHOTI P. *Carbohydrates: functionality in foods. Am J Clin Nutr; 61 (suppl) : 9225-9295, 1995.*
[volver](#)
16. COLONNA P, MERCIER C. *Gelatinization and malting of the maize and high-amylose genotypes. Phytochemistry; 24: 1667-1674, 1985.*
[volver](#)
17. HERMANSEN K, RASMUSSEN O, ARNFRED J, WINTER E, SCHMITZ O. *Differential glycaemic effects of potato, rice and spaghetti in type I (insulin dependent) diabetic patients at constant insulinaemia. Diabetologia; 29:358-361, 1986.*
[volver](#)
18. HOLT SHA, BRAND MILLER JC. *Particle size and glycemic response. Europ J Clin Nutr; 48: 496-502, 1994.*
[volver](#)

19. JENKINS DJA, WOLEVER TMS, Leeds AR et al. *Dietary fibres, fibre analogues and glucosa tolerance: importance of viscosity. Brit Med J; 1: 1392-1394, 1978.*
[volver](#)
20. WOLEVER TMS, VUKSAN V, ESKUIS H, SPADAFORA P, PETERSON RD, CHAO ESM, STOREY UL, JENKINS DJA. *Effects of methods of administration of psyllium on the glycemic response and carbohydrate digestibility. J Am Col Nutr; 10: 364-371, 1991.*
[volver](#)
21. MALKKI Y. *Determination of solubility and viscosity properties of dietary fiber. In: Metabolic and physiological aspects of dietary fibre in food. Recent progress in the analysis of dietary fibre. Proceeding of a workshop held on 28-29 october 1994 in Copenhagen, Ed. European Commission. Office for official publications of the European Communities, United Kingdom. Pp 185-188, 1995.*
[volver](#)
22. WURCH P. *Starch in human nutrition, World Rev Nutr Diet, 60: 199-256, 1989.*
[volver](#)
23. BJORCK I, GUNNARSON A, OSTERGAARD K. *A study of native and chemically modified potato starch. Part II: Digestibility in the rat intestinal tract. Starch/Strake; dl: 148-134, 1989*
[volver](#)
24. BJORCK I, SILJESTROM M. *In vivo and in vitro digestibility of starch in autoclaved pea and potato in the small intestine of man. Am J Clin Nutr, 45. 425-43 1, 1987.*
[volver](#)
25. Asp N-G, TOVAR J, BAIROLIYA S. *Determination of resistant starch in vitro with three different methods and in vivo with a rat model. Europ J Clin Nutr; 46: S33-SSO, 1992.*
[volver](#)
26. BJORCK I, NYMAN M, PEDERSEN B, SILJESTROM M, Asp N-G, EGGUM BO. *On the digestibility of the starch in wheat bread-studies in vitro and in vivo. J Cer Sci; 4: 1-11, 1986.*
[volver](#)
27. BJORCK I, WESTERLUND E. *Transglycosilation reactions following heat treatment of starch. Effects on enzymic digestibility. Starke; 41: 95100, 1989.*
[volver](#)
28. FLATT JP. *Use and storage of carbohydrate and fat. Am J Clin Nutr; 61 (suppl): 952S-959S, 1995.*
[volver](#)
29. HOLT SHA, BRAND MILLER JC, PETOCZ P. *Interrelationships among postprandial satiety, glucose and insulin responses and changes in subsequent food in take. Europ J Clin Nutr; 50:788-797, 1996.*
[volver](#)
30. JENKINS DJA, WOLEVER TMS, TAYLOR RH ET AL. *Glycemic index of foods: a physiological basis for carbohydrate exchange. Am J Clin Nutr; 34. 362-366, 1981.*
[volver](#)
31. JENKINS DJA, WOLEVER TMS, TAYLOR RH. ET AL. *Rate of digestion of foods and postprandial glycaemia in normal and diabetic subjects. Brit Med J; 281: 14-17, 1980.*
[volver](#)
32. BYRNES SE, BRAND MILLER JC, DENYER GS. *Amylopectin starch promotes che development of insulin resistance in rats. J Nutr; 125: 1430-1437, 1995.*
[volver](#)
33. HYGGINNS JA, BRAND MILLER JC, DENYER GS. *.Development of insulin resistance in the rat is dependent on the rato of glucose absorption from che diet. J Nutr; 126: 569 -6, 1996.*
[volver](#)
34. WISEMAN CE,, HIGGINS JA, DENYER GS, BRAND MILLER JC. *Amylopectin starch induces nonreversible insulin resistance in rats. J Nutr; 126: 41041 S, 1996.*
[volver](#)
35. SCHWEIZER TF, ANDERSON H, LONGHILDE AM, REIMAN S, TOORSDDOTTIR I. *Nutrient excreted ileostomy effluents after consumption of mixed diets with beans or potatoes. II. Starch, dietary fiber and sugar. Europ J Clin Nutr; 44; 567-575, 1990.*
[volver](#)
36. HABER GB, HEATON KW, MURPHY D, BURROUGS LF. *Depletion and disruption of dietary fiber. Effects on satiety, plasma glucose and serum insulin. Lancet; 1:679-682, 1977.*
[volver](#)
37. BRAND MILLER JC, LOBEZOO I. *Replacing starch with sucrose in high glycaemic and insulin responses. J Clin Invest, 48: 749-752, 1994.*
[volver](#)

38. CRAPO PA, SCARLETT TA, KOLTERMAN OG. *Comparison of the metabolic responses to fructose and sucrose in sweetened foods. Am J Clin Nutr*; 35: 256-261, 1982.
[volver](#)
39. DUNCAN KH, BACON JA, WEINSIER RL. *The effects of high and low energy density diets on satiety, energy intake and eating time of obese and nonobese subjects. Am J Clin Nutr*; 37: 763-767, 1983.
[volver](#)
40. POPPITT SD, PRENTICE AM. *Energy density and its role in the control of food intake: evidence from metabolic and community studies. Appetite*; 26: 153-174, 1996.
[volver](#)
41. ROLLS BJ, KIM S, MENALIS AL, FISCHMAN MW, FOLTIN RW, MORAN TH. *Time course of effects of preloads high in fat and carbohydrate on food intake and hungerratings in humans. Am JPhysiol*; 260: R 756-763, 1991.
[volver](#)
42. FOLTIN RW, FISHMAN IM, MORAN TH, ROLIS BJ, KELLY TH. *Caloric compensation for lunches varying in fat and carbohydrates byhuman in a residential laboratory. Am J Clin Nutr*; 52: 969-980, 1990.
[volver](#)
43. ROLLS BJ, KIM-HARRIS S, FISHMAN MW, FOLTIN RW, MORAN TH, STONER SA. *Satiety after preloads with different amounts of fats and carbohydrates: implications for obesity. Am J Clin Nutr*; 650: 476484, 1994.
[volver](#)
44. BLUNDELL JE, BURLEY VJ, COTTON JR, LAWTON CL. *Dietary fat and the control of energy intake: evaluating the effects of fat on meal size and postmeal satiety. Am J Clin Nutr*; 52: 969-980, 1990
[volver](#)
45. FLATT JP. *Use and storage of carbohydrate and fat. Am J Clin Nutr*; 61 (suppl): 952S-959S, 1995.
[volver](#)
46. SCHUTZ Y, FLATT JP, JÉQUIER E. *Failure of dietary fat intake to promote fat oxidation: a factor favoring the development of obesity. Am J Clin Nutr*; 50: 307-314, 1989.
[volver](#)
47. ENGLYST HN, KINGSMAN SM, CUMMINGS JH. *Classification and measurement of nutritionally important starch fractions. Europ J Clin Nutr*; 33S - 5OS, 1992.
[volver](#)
48. ENGLYST HN, VEENSTRA J, HUDSON GJ. *Measurement of rapidly available glucose (RAG) in plant foods as in vi predictor of glycemic response. Brit J Clin Nutr*; 73: 327- 337, 1996.
[volver](#)

[Texto](#) | [Bibliografía](#) | [Versión Completa \(Imprimir\)](#)

Sitio desarrollado por [SISIB - Universidad de Chile](#)