

Comportamiento de la glicemia e insulina plasmática al administrar dos desayunos con diferentes tipos de carbohidratos digeribles y fibra dietética

Behavior of plasma insulin and glycemia when delivered breakfast with two different types of carbohydrates and dietary fiber digestible

Nadia Reyna, Mgsc^{1,2}, Laura Mendoza, Md, Mph, Phd^{2,3}, Andrés Urdaneta, Bsc¹, Roberto Añez, Md¹, Parra Karla, Lcda¹, Eduardo Reyna, Md, Phd⁴, Valmore Bermúdez, Md, Mgsc, Mph, Phd¹

¹Centro de investigaciones Endocrino- Metabólicas "Dr. Félix Gómez". La Universidad del Zulia. Facultad de Medicina. Maracaibo- Estado Zulia.

²Cursante del Máster en Endocrinología Avanzada. Universidad de Alcalá de Henares, Madrid – España. Director: Dn. Melchor Álvarez de Mon Soto, MD, PhD.

⁴Departamento de Ciencias Fisiológicas. La Universidad del Zulia. Facultad de Medicina. Maracaibo- Estado Zulia.

³Hospital Central de Maracaibo "Dr. Urquinaona". Servicio de Ginecología y Obstetricia. Maracaibo- Estado Zulia.

Resumen

Objetivo: Determinar los niveles de glicemia e insulina plasmática al administrar dos desayunos con diferentes tipos de carbohidratos digeribles y fibra dietética comparándolos con la administración oral de una solución estándar de 75 gr de glucosa.

Metodología: Se seleccionaron 16 individuos sanos entre 18 y 25 años de edad que participaron de forma voluntaria. Se sometieron a 3 pruebas con un intervalo de 7 días cada una. En la semana 1 se administró 75 gr solución de glucosa (SG) por vía oral, mientras que en la prueba 2 y 3 se suministraron dos desayunos con diferentes tipos de carbohidratos. Durante las 3 pruebas se midieron la concentración de glucosa plasmática a los 0, 30, 60, y 120 minutos y los niveles de insulina plasmática en ayuno y a las 2 horas.

Resultados: Los niveles de glucosa en ayuno en los 3 grupos de intervención no mostraron diferencias significativas. A los 30 minutos la concentración de glucosa fue significativamente menor al consumir el desayuno 1 en comparación con el desayuno 2 y los 75 gr de glucosa ($p < 0,05$). A los 60 minutos, la glicemia resultó menor al consumir el desayuno 1 en comparación a los otros grupos ($p < 0,05$). A los 120 minutos los niveles de glicemia y de insulina postprandial se observaron más bajos para los 2 desayunos al compararlos con la administración de los 75 gr de glucosa.

Conclusión: Este estudio muestra que el consumo de alimentos con diferente composición de carbohidratos y cantidad de fibra repercute sobre la respuesta glicémica postprandial, aquellos alimentos que tengan un menor procesamiento térmico y mayor cantidad de fibra con una combinación de soluble e insoluble podran generar una mejor respuesta en relación a las glicemias e insulina posprandial.

Palabras clave: glicemia, insulina postprandial, fibra dietética, diabetes tipo 2, prediabetes.

Abstract

Objective: To determine plasma glucose and insulin levels after ingestion of two breakfasts prepared with different digestible carbohydrates and dietary fiber compared with a 75 g standard oral glucose test.

Methods: 16 voluntarily healthy individuals were included in this study. All participants consent to receive three different interventions one day at once/weekly consisting in: week 1, 75 g glucose solution (SG) orally administered, in week 2 and week 3 a breakfast formulated with different non-soluble fiber and starch proportions were given. Plasma glucose concentration was measured at 0, 30, 60, and 120 minutes and plasma insulin levels were determined at fasting and 2 hours after meal ingestion.

Results: Fasting glucose levels in the 3 intervention groups showed no significant differences. After 30 minutes, glucose concentration was significantly lower with the breakfast 1 when consuming with breakfast 2 and GS ($p < 0.05$). At 60 minutes, the breakfast 1 shows lower plasmatic glucose than the other two interventions ($p < 0,05$). At 120 minutes, glucose and insulin level was lower for breakfasts 1 and 2 than SG.

Conclusion: This study shows that consumption of food with different composition of carbohydrates and fiber impact favorably on postprandial glycemic response. Those foods that have less thermal processing and fiber with a combination of soluble and insoluble fiber will be able to generate a better response in relation to postprandial blood glucose and insulin.

Keywords: Fasting glycemia, postprandial insulin, dietary fiber, type 2 diabetes mellitus, prediabetes

La preocupación de la población por las enfermedades crónico-degenerativas es cada vez es más común en la sociedad occidental. Esto ha impulsado un creciente interés científico en estudiar las condiciones de alimentación del ser humano (ámbito social, biológico-metabólico, ciencia de alimentos)¹ que pudiesen influir de forma positiva en la historia natural de estos padecimientos, ya que es claro que ciertas conductas alimentarias podrían intervenir en la prevención o en el desarrollo de dichas enfermedades^{1,2}.

Si bien la alimentación no puede considerarse un elemento causal único en la aparición de ciertas patologías, si podría considerarse como un factor de riesgo ya el exceso de ciertos nutrientes o la carencia de otros pueden asociarse a entidades tan variadas como el cáncer, avitaminosis/hipovitaminosis, trastornos hematológicos, entre otras¹. En relación a esto, un grupo de alimentos que ha suscitado gran interés son los carbohidratos, ya que su consumo excesivo se relaciona con la obesidad, diabetes mellitus y enfermedades cardiovasculares, pero que sin embargo son imprescindibles para cubrir los requerimientos energéticos básicos diarios³. De hecho, el almidón es la principal fuente de energía del ser humano (recomendación: 58%-60% de las calorías totales diarias según FAO)⁵. Por su importancia en la dieta, el almidón es uno de los factores que se deben controlarse cuando la reducción de la concentración de glucosa plasmática después de ingerir un alimento es mandatorio^{3,4}. Por el contrario, se ha reportado que el consumo de elevadas cantidades de fibra proveniente de cereales promueve efectos beneficios desde el punto de vista fisiológico, atenuando los niveles de colesterol y glucosa en sangre⁶, e incluso se ha reportado que se relaciona de manera inversa con el riesgo de diabetes tipo 2⁵.

Basados en la disponibilidad para el consumo, los cereales que con mayor frecuencia incorporan los venezolanos en su dieta (y principalmente en el desayuno) son los derivados del maíz y el trigo⁶. Estos dos productos –al menos en teoría– son una fuente importante de carbohidratos digeribles y fibra, sin embargo, tras ser sometidos a diversos procesos tecnológicos que derivan en la producción de harina para el consumo en el hogar sobrevienen transformaciones químicas que modifican su valor nutritivo, la velocidad de digestión/absorción de los carbohidratos y finalmente la concentración plasmática de glucosa e insulina post-prandial⁷. El estudio de estas dos últimas variables reviste gran interés clínico, particularmente en individuos con diabetes mellitus ya que se ha evidenciado que una concentración elevada de glucosa post-prandial está asociada a la aparición de las complicaciones crónicas de la diabetes.

Debido a esto, se ha hecho más frecuente la valoración de la glicemia e insulina plasmática en el estado postprandial con la intención de evaluar la tolerancia a los carbohidratos en individuos en riesgo desarrollar diabetes mellitus o en individuos que siendo ya portadores de la enfermedad se quiera determinar la respuesta glicémica a la administración de alimentos no estandarizados en el contenido de carbohidratos, con la finalidad de optimizar el régimen dietético⁸. Sin embargo, al revisar la literatura, no se ha documentado en nuestro medio el efecto que puede tener la adición de diferentes tipo de fibra a los alimentos ingeridos en un desayuno típico venezolano sobre los niveles de glicemia e insulina postprandial. Por este motivo, el objetivo principal de este estudio fue determinar la concentración plasmática de estas variables al administrar dos desayunos con diferentes tipos de carbohidratos y fibra dietética comparándola con la administración oral de 75 g de glucosa.

Selección de los pacientes y evaluación clínica

Se seleccionaron 16 individuos clínicamente sanos de ambos sexos (8 masculinos y 8 femeninos) quienes firmaron un consentimiento informado para participar en este estudio el cual fue aprobado por el comité de Bioética del Centro de Investigaciones Endocrino-Metabólicas de la Facultad de Medicina de la Universidad del Zulia. A todos los individuos se les realizó una historia clínica detallada en la cual se recogieron los antecedentes familiares y personales, así como un examen físico completo con la finalidad de confirmar un estado de salud normal. Se excluyeron aquellos individuos con historia actual de diabetes mellitus, dislipidemia, hipertensión arterial, enfermedades renales, embarazo, y quienes reportaron estar bajo tratamiento farmacológico con anti-inflamatorios no esteroideos, esteroides, hipoglicemiantes orales, anticonceptivos orales, estatinas, antihistamínicos, multivitamínicos, entre otros.

Estudios de laboratorio

A todos los individuos se les determinó glicemia e insulina basal y postprandial así como colesterol total, triacilglicéridos (TAG) y HDL-C mediante el uso de kits comerciales (Human Gesellschaft for Biochemical and Diagnoses Mbh). Los niveles de LDL-C y VLDL-C se determinaron mediante las fórmulas de Friedewald si los niveles de TAG fueron menores de 400 mg/dL, en el caso contrario, se determinaron de forma directa por electroforesis de lipoproteínas. Tal como se explicó con anterioridad, aquellos individuos con dislipidemia, hiperglicemia en ayuno o niveles de insulina plasmática por encima de los valores de referencia fueron excluidos de este estudio.

Estudio antropométrico

La evaluación antropométrica de los participantes consistió en la cuantificación de la talla en un equipo calibrado (Detecto, USA), mientras que el peso corporal y la bioim-

pedancia en un analizador de la composición corporal (Tanita 300TBS, Tokio, Japan). El IMC se calculó mediante la fórmula de Quetelec, utilizando la clasificación del IMC sugerida por la OMS⁷ para clasificar ponderalmente a los posibles participantes. Aquellos con IMC normal (18,5 – 24,9 kg/m²) fueron admitidos al estudio.

Protocolo de intervención

A todos los participantes se les instruyó para que el día anterior a la prueba realizaran una alimentación estandarizada de 2100 calorías para las mujeres y 2500 calorías para los hombres con una distribución de 12% de proteínas, 30% de grasas y 58% de carbohidratos para asegurar que todos estuvieran en la mismas condiciones para el día de la prueba, indicándoles evitar cambios en la actividad física habitual. Adicionalmente, debían permanecer en ayuno de 10 a 12 horas de duración previo al día del estudio.

Los individuos fueron sometidos a tres pruebas con un intervalo de 7 días entre cada una. La primera intervención consistió en la administración oral de 75 gr de una solución glucosa al 40% (GLYCOLAB®) con sabor a mandarina (semana 1), mientras que en la segunda y tercera intervención se administraron dos desayunos estandarizados: El desayuno 1 estuvo compuesto por 60 gr pan integral, 25 gr queso pasteurizado, 28 gr de jamón de pavo y 200 cc de jugo de naranja. El desayuno 2 estuvo compuesto por una arepa elaborada con 40 gr de harina de maíz y 10 gr de avena en hojuelas, 25 gr de queso pasteurizado, 28 gr de jamón de pavo y 200 cc jugo de naranja, evaluándose la concentración de glucosa plasmática a los 0, 30, 60, y 120 minutos y de insulina plasmática a los 0 y 120 minutos. Todos los alimentos fueron preparados en Laboratorio de Ciencia y Tecnología de los alimentos del CIEM asegurándose que las cantidades fueran las correctas. En ambos menús la composición nutricional fue similar pero varió el tipo de carbohidrato suministrado. La composición nutricional se muestra en la tabla 2.

Análisis estadístico

Para el análisis estadístico se utilizó el programa estadístico SPSS versión 17. Las variables cualitativas se expresaron como frecuencias absolutas y relativas en forma de porcentajes. La normalidad o no de las variables cuantitativas se evaluó mediante la prueba de Shapiro-Wilk, resultando todas con una distribución normal y por lo tanto, se expresaron como medias aritméticas \pm error estándar ($M \pm EE$). Para la comparación de las medias aritméticas entre los tres tratamientos se empleó la prueba ANOVA con el test post-hoc de Tukey. En todos los casos las diferencias se consideraron estadísticamente significativas cuando $p < 0,05$.

Resultados

Comportamiento de los niveles de glucosa plasmática

El comportamiento de los niveles plasmáticos de glucosa en ayuno y a los 30, 60 y 120 minutos para cada uno de los tres tratamientos puede apreciarse en la tabla 3. Nótese que los niveles de glucosa en ayuno en los 3 grupos de intervención no mostraron diferencias significativas. Sin embargo, el comportamiento de la glucosa plasmática a los 30 minutos fue diferente entre los grupos, apreciándose una concentración significativamente menor al consumir el desayuno 1 en comparación con el desayuno 2 y cuando se administraron 75 gr de glucosa ($p < 0,05$). Por otra parte, cuando se comparó la glicemia a los 60 minutos se evidenció una concentración de glucosa menor al consumir el desayuno 1 en comparación con el desayuno 2 y con la administración de 75 gr de glucosa ($p < 0,05$). Igualmente, al compararse la media de las glicemias a los 120 min, el valor mas bajo fue para el desayuno 2 que mostró una diferencia significativa al compararlo con SG ($p < 0,05$). Sin embargo, no se encontraron diferencias significativas en la concentración de glucosa entre ambos desayunos a los 120 minutos (Ver Tabla 3 y gráfico 1). Por último, la concentración de insulina plasmática en ayuno y postprandial no mostró diferencias entre las tres pruebas realizadas (Ver Tabla 4)

Tabla 1. Características Antropométricas de los Sujetos que Formaron parte del Estudio

Parámetros	Promedio \pm Error Estándar
Edad (Años)	20 \pm 0,49
Talla (cm)	168,6 \pm 1,39
Peso (kg)	62,43 \pm 1,42
IMC (kg/cm ²)	22,13 \pm 0,61
Porcentaje de grasa corporal (%)	12,42 \pm 0,86
Masa Grasa (kg)	8,36 \pm 0,77
Masa Magra (kg)	57,08 \pm 1,08
Circunferencia de Cintura (cm)	80,70 \pm 1,49

Tabla 2. Contenido calórico de los desayunos proporcionados

	Calorías (Kcal)	Proteínas (gr)	Grasas (gr)	Carbohidratos (gr)		Fibra (gr)
				Disponibles	Totales	
PGTO					75	
Desayuno 1	496,4	26,07	-12,47	70,105	75,06	4,96
Desayuno 2	495,65	23,55	12,025	73,42	76,39	3,97

Tabla 3. Comportamiento de la glicemia en los 3 tratamientos

Glicemia	SG (A)		Desayuno 1 (B)		Desayuno 2 (C)		A vs B	A vs C	B vs C
	Media	DE	Media	DE	Media	DE	p*	p*	p*
Basal	83,66	6,17	83,78	5,62	84,25	6,40	0,998	0,959	0,974
30 min	109,59	10,11	106,28	9,82	120,03	8,94	0,598	0,001	0,010
60 min	110,50	10,01	97,25	9,03	109,88	9,69	0,001	0,981	0,002
120 min	94,25	11,32	91,50	9,54	85,81	8,39	0,710	0,049	0,241

*ANOVA de un factor; post-hoc de Tukey.

Gráfico 1. Comportamiento de las glicemia en los tres tratamientos

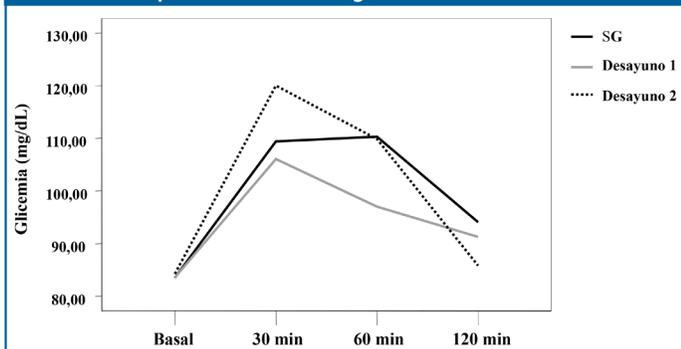


Tabla 4. Comportamiento de la insulina para los 3 tratamientos

	SG (A)		Desayuno1 (B)		Desayuno2 (C)		A vs B	A vs C	B vs C
	Media	DE	Media	DE	Media	DE	(p)	(p)	(p)
Insulina Basal (UI/ml)	13,7	1,3	13,5	1,2	13,5	1,4	NS	NS	NS
Insulina postprandial (UI/ml)	23,4	7,3	19,23	2,9	20,4	2,8	NS	NS	NS

* p < 0,05

Discusión

Los desayunos analizados en este trabajo representan alimentos frecuentemente consumidos por los venezolanos en horas de la mañana⁶, quienes principalmente consumen alimentos como el pan o la arepa⁷, a los que en este caso se les incorporó fibra dietética con la finalidad de reducir las fluctuaciones de la glicemia y un mejor manejo de las insulinas plasmáticas. Se pudo observar diferencias significativas en la concentración de la glucosa plasmática post-prandial en respuesta a la ingesta de ambos desayunos al compararlos con la administración de 75 gr de glucosa por vía oral en sujetos sanos.

En el desayuno 1 donde se suministró pan integral, se pudo observar mejores valores de glucosa que en el resto de las pruebas, aunque el nivel de insulina postprandial no fue estadísticamente diferente entre los tratamientos. Esta respuesta puede ser producida por el aporte de fibra dietética, por los cambios en la digestibilidad del al-

midón por el proceso térmico durante la elaboración del pan^{8,9}, la tasa de digestión del almidón¹⁰, la cantidad de glucosa disponible rápidamente⁸ y la presencia de almidón resistente^{10,11}. En relación al almidón contenido en el pan integral (constituido fundamentalmente por cadenas de amilosa y amilopectina), se puede decir que la primera forma estructuras helicoidales y no ramificadas que son menos accesibles a las enzimas digestivas dando lugar a una cierta cantidad de almidón resistente, mientras que la amilopectina forma cadenas con múltiples ramificaciones que facilitan el proceso de digestión intestinal¹². Por lo tanto, la relación entre cadenas de amilosa y amilopectina determinan de forma significativa el índice glicémico de los alimentos ricos en almidones¹³. La cantidad de amilosa en el alimento puede variar según el procesamiento térmico del alimento, aspecto que pudo estar relacionado en los resultados obtenidos debido a que en el desayuno 2 se preparó una arepa con harina pre-cocida que fue sometida a diversos tratamientos térmicos, hecho que pudo disminuir el contenido de amilosa y en consecuencia, condicionar a una rápida digestión⁶.

También es importante resaltar el efecto favorable de la fibra dietética sobre la respuesta glicémica en el desayuno 1, que se caracterizó por tener una mayor cantidad de fibra y adicionalmente por aportar fibra soluble e insoluble. Los mecanismos involucrados en reducir la glicemia postprandial se puede explicar por el retraso en la absorción intestinal de glucosa^{13,14}, ya que la fibra al entrar en contacto con el agua intestinal tiene la capacidad de formar geles que dificultan la transferencia de la glucosa hacia las células intestinales¹⁵. Un segundo efecto mecánico propio de la formación de soluciones gelificadas es crear una cápsula alrededor del almidón, entorpeciendo la acción de la α -amilasa y probablemente inhibiendo la acción de esa enzima de forma directa^{5,18}.

Otros estudios plantean que los carbohidratos indigeribles tales como los almidones resistentes y la fibra dietética al alcanzar el colon son expuestos a las bacterias intestinales ocasionado su fermentación, obteniendo como productos de este proceso ácidos grasos de cadena corta, principalmente ácido propiónico, butírico y acético¹⁶. Se ha sugerido que los ácidos grasos de cadena corta tienen implicaciones beneficiosas en el metabolismo de la glucosa a nivel hepático y la tolerancia de la misma^{19,20}, ya que el propionato influiría en la gluconeogénesis reduciendo la producción

hepática de glucosa y el butirato podría actuar reduciendo la resistencia periférica a la insulina al reducir la producción de TNF α ¹⁷. La resistencia a la insulina es uno de los factores más importantes implicados en el síndrome metabólico^{4,6}.

Por otro lado, las grasas y proteínas utilizadas en la elaboración del pan, suministrado en el desayuno 1 pueden estar relacionadas con las respuestas observadas en las comidas mixtas con carbohidratos en la que se evidencia la mejoría de la secreción de insulina, disminuyendo la respuesta de glucosa en plasma²¹. Las proteínas y las grasas son particularmente eficaces en la estimulación de la liberación de incretinas (GLP-1 y GIP) intestinales en diferentes grados^{22,23}.

El presente estudio muestra claramente que el tipo de carbohidrato y la cantidad de fibra consumida es muy importante en el control glicémico post-prandial, resaltándose el hecho que los alimentos con menor procesamiento térmico y mayor cantidad de fibra con una combinación de soluble e insoluble pueden generar una mejor respuesta glicémica postprandial. Considerando que la arepa es un alimento de consumo frecuente en la alimentación de los venezolanos se sugiere aumentar la cantidad de fibra al momento de su preparación y en lo posible hacer una mezcla de fibras solubles e insolubles para disminuir las posibles fluctuaciones de la glucosa después de su consumo.

Referencias

1. Ang M, Müller AS, Wagenlehner F, Pilatz A, Linn T. Combining protein and carbohydrate increases postprandial insulin levels but does not improve glucose response in patients with type 2 diabetes. *Metabolism*. 2012 Dec;61(12):1696-702.
2. Chan HMS, Brand-Miller JC, Holt SHA, Wilson D, Rozman M, Petocz P. The glycaemic index values of Vietnamese foods. *Eur J Clin Nutr* 2001; 55: 1076-83.
3. FAO W. Carbohydrates in human nutrition (FAO Food and Nutrition paper-66) Chapter 4. The role of the glycemic index in food choice. FAO/WHO, Rome. 1997.
4. E. Escudero Álvarez y P. González Sánchez. La fibra dietetic. *Nutr. Hosp.* (2006) 21 (2) 61-72
5. Fernández-Miranda Consuelo. La fibra dietética en la prevención del riesgo cardiovascular. *Nutr. clin. diet. hosp.* 2010; 30(2):4-12
6. Garrido R, Villavicencio C, De Plaza L y Chavez J. Patrones de consumo alimentario asociados con actividad física e indicadores antropométricos del estado nutricional en jóvenes universitarios en Venezuela. *Arch. Latin de Nutri.* 1990;Vol XL (Dec. 4).
7. Monteiro, j. Pimentel, D sousa, V. Relationship between body mass index with dietary fiber intake and skinfolds: differences among body-builders who train during morning and nocturne period. *Nutr. Hosp.* [online]. 2012, vol.27, n.3, pp. 929-935.
8. Jenkins DJA, Wolever TMS, Taylor RH, Barker H, Hashmein F, Baldwin JM et al. Glycemic index of foods: a physiological basis for carbohydrate exchange. *Am J Clin Nutr.* 1981;34:362-366
9. Granfeldt Y, Eliasson AC, Bjorck I. An examination of the possibility of lowering the glycemic index of oat and barley flakes by minimal processing. *J Nutr.* 2000;130: 2207-2214.
10. Anderson, J. W., Smith, B. M. y Gustafson, N. J. Health benefits and practical aspects of high fiber diets. *Am. J. Clin Nutr.* 1994.55: 12425 - 12475
11. K. Dewettincka, Van Bockstaele, B. Kühnec, D. Van de, X. Gellynckc. Nutritional value of bread: Influence of processing, food interaction and consumer perception. *Journal of Cereal Science* Volume Sep 2008, 48,(2) 243-257.
12. Chávez-Pérez JF. Enriquecimiento de la harina de maíz precocida y de la harina de trigo de Venezuela. Una gestión con éxito. Ministerio de Sanidad y Asistencia Social. Instituto Nacional de Nutrición. 1995; Publicación No. 51, Serie Cuadernos Azules. Caracas, Venezuela.
13. Murakami K, McCaffrey TA, Livingstone MB. Associations of dietary glycaemic index and glycaemic load with food and nutrient intake and general and central obesity in British adults. *Br J Nutr.* 2013 May 9:1-11.
14. Kaye Foster-Powell, Susanna HA Holt, and Janette C Brand-Miller. International table of glycemic index and glycemic load values. *Am J Clin Nutr* Jan 2002. 76(1)5-56.
15. Wu MY, Bowtell JL, Williams C. Glycaemic index of meals affects appetite sensation but not energy balance in active males.. *Eur J Nutr.* 2013 jan ;35(8):1633-7.
16. K. L. Johnston, E. L. Thomas, J. D. Bell, G. S. Frost, M. D. Robertson. Resistant starch improves insulin sensitivity in metabolic syndrome *Diabetic Medicine* April 2010. 27(4), 391-397
17. Foster-Powell K, Holt SHA. International table of glycemic index and glycemic load values: 2002. *Am J Clin Nutr* 2002; 76: 5-56.
18. Liu AG, Most MM, Brashear MM, Johnson WD, Cefalu WT, Greenway FL. Reducing the glycemic index or carbohydrate content of mixed meals reduces postprandial glycemia and insulinemia over the entire day but does not affect satiety. *Diabetes Care.* 2012 Aug;35(8):1633-7.
19. Faerch L, Juul A, Pedersen-Bjergaard U, Thorsteinsson B. Association of IGF1 with glycemic control and occurrence of severe hypoglycemia in patients with type 1 diabetes mellitus. *Endocr Connect.* 2012 Jun 21; 1(1):31-6.
20. Micha R, Nelson M. Glycemic index and glycemic load used in combination to characterize metabolic responses of mixed meals in healthy lean young adults. *J Am Coll Nutr.* 2011 apr;30(2):113-25.
21. Liu AG, Most MM, Brashear MM, Johnson WD, Cefalu WT, Greenway FL. Reducing the glycemic index or carbohydrate content of mixed meals reduces postprandial glycemia and insulinemia over the entire day but does not affect satiety. *Diabetes Care.* 2012 Aug; 35(8):1633-7.
22. Kochan AM, Wolever TM, Chetty VT, Anand SS, Gerstein HC, Sharma AM. Glycemic index predicts individual glucose responses after self-selected breakfasts in free-living, abdominally obese adults. *J Nutr.* 2012 Jan;142(1):27-32
23. James M. Lattimer and Mark D. Haub Effects of Dietary Fiber and Its Components on Metabolic Health. *Nutrients* 2010, 2, 1266-1289.