

# Fibra dietética: efecto sobre el control glucémico y el metabolismo de los carbohidratos y lípidos

Jacqueline Álvarez Pérez<sup>1</sup>  
Juan P. Peña-Rosas<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Especialista en Nutrición Clínica Only Nutrition, Consultor Especialista en Nutrición. Doctorando y colaboradora de investigación del Grupo de Nutrición de la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, España  
<sup>2</sup>Especialista en Micronutrientes. Departamento de Nutrición Materno Infantil División de Nutrición y Actividad Física Centros para el Control y Prevención de Enfermedades (CDC), Atlanta EUA\*

## Resumen

La prevalencia de diabetes mellitus continúa aumentando en proporciones de epidemia, y para el año 2010 se estima que a nivel mundial se dupliquen los casos nuevos a 270 millones. Desde el descubrimiento de la insulina, las recomendaciones del aporte de carbohidratos en la dieta de los diabéticos ha variado considerablemente, pasando de la restricción severa de carbohidratos a un aporte entre un 60% a 75% de la energía total, y la inclusión de polisacáridos altos en fibra. El papel de la fibra en el diabético está dirigido especialmente a mejorar el control glucémico, modificando los picos postprandiales hiperglucémicos, y mejorando el perfil lipídico. En esta revisión se discuten las recomendaciones nutricionales actuales en el manejo de la diabetes mellitus, los beneficios de la fibra dietética en el control glucémico y sus efectos en el metabolismo de carbohidratos y lípidos.

## Summary

The prevalence of diabetes mellitus is still on the rise, to the point of currently being considered an epidemic. It is estimated that the number of new cases will duplicate up to 270 million cases by year 2010. Since the discovery of insulin, the recommendation on the contribution of carbohydrates to the diet of diabetic patients has varied considerably, from a severe restriction of carbohydrates to an intake ranging from 60% to 75% of the total caloric intake, and the addition of high-fiber polysaccharides. The role of dietary fiber in the diabetic is specially aimed to improve the glycemic control, by modifying the postprandial hyperglycemic peaks and improving the lipidic profile. In this review, the current dietary recommendations in the management of diabetes mellitus are discussed, as well as the benefits of the dietary fiber in the glycemic control and its effects in the metabolism of carbohydrates and lipids.

## Introducción

La diabetes mellitus (DM) es una de las principales causas de la morbi-mortalidad en muchos países de Iberoamérica. Para el año 2010 se estima que a nivel mundial, el total de nuevos casos se duplique a 270 millones<sup>1</sup>. A medida que el Índice de Masa Corporal (IMC) incrementa, lo cual parece una tendencia en los países desarrollados y en aquellos en transición, el riesgo de desarrollar diabetes mellitus tipo 2 (DM2) incrementa de una manera "dosis-dependiente"<sup>2</sup>. La prevalencia de DM2 es de tres a siete veces más alta en adultos obesos que en aquellos con peso normal, y los individuos con IMC >35 Kg/m<sup>2</sup> son 20 veces más propensos a desarrollar DM que aquellos con IMC entre 18,5 y 24,9 Kg/m<sup>2</sup>.<sup>3</sup> La DM cursa con complicaciones metabólicas, vasculares y neurológicas, que afectan a la población económicamente activa y una de las principales causas de discapacidad (ceguera, amputaciones, entre otras), mortalidad prematura, malformaciones congénitas y otros problemas de salud agudos y crónicos, como cetoacidosis diabética, cardiopatía isquémica y enfermedad cerebrovascular. En México, se hospitalizan al año más de 50,000 pacientes por DM, y esa es la principal causa de egreso hospitalario<sup>4</sup>.

La diabetes mellitus (DM) es una de las principales causas de la morbi-mortalidad en muchos países de Iberoamérica. Para el año 2010 se estima que a nivel mundial, el total de nuevos casos se duplique a 270 millones<sup>1</sup>. A medida que el Índice de Masa Corporal (IMC) incrementa, lo cual parece una tendencia en los países desarrollados y en aquellos en transición, el riesgo de desarrollar diabetes mellitus DM tipo 2

\*Este trabajo fue realizado antes de la afiliación del segundo autor con los Centros para el Control y Prevención de Enfermedades (CDC). Los hallazgos y conclusiones son las de los autores y no representan las de CDC

(DM2) incrementa de una manera “dosis-dependiente”<sup>2</sup>. La prevalencia de DM2 es de tres a siete veces más alta en adultos obesos que en aquellos con peso normal, y los individuos con IMC >35 Kg/m<sup>2</sup> son 20 veces más propensos a desarrollar DM que aquellos con IMC entre 18,5 y 24,9 Kg/m<sup>2</sup>.<sup>3</sup> En comparación con otros países, la población mexicana tiene una de las prevalencias más altas de DM. La DM cursa con complicaciones metabólicas, vasculares y neurológicas, que afectan a la población económicamente activa y una de las principales causas de discapacidad (ceguera, amputaciones, entre otras), mortalidad prematura, malformaciones congénitas y otros problemas de salud agudos y crónicos, como cetoacidosis diabética, cardiopatía isquémica y enfermedad cerebrovascular. En México, se hospitalizan al año más de 50,000 pacientes por DM, y esa es la principal causa de egreso hospitalario<sup>4</sup>.

Previamente a la insulina, las dietas restringidas en carbohidratos probablemente aumentaron ligeramente la expectativa de vida de los diabéticos, disminuyendo la muerte por cetoacidosis. Actualmente, los diabéticos insulino-dependientes se mantienen bien controlados con dietas que, principalmente por razones económicas, aportan hasta 75% de la energía en forma de carbohidratos<sup>5,6</sup>. Para la población general, se ha recomendado dentro de los patrones de la dieta “prudente” las fuentes naturales de polisacáridos altos en fibra y esta recomendación ha sido dirigida principalmente al paciente diabético<sup>7-9</sup>, en especial, de fibra soluble parece ser más beneficiosa en limitar los picos hiperglucémicos postprandiales<sup>9</sup>. En esta revisión se discuten las recomendaciones nutricionales para el manejo de la DM, los beneficios de la fibra dietética (FD) en el control glucémico y sus efectos en el metabolismo de carbohidratos y lípidos.

## Recomendaciones nutricionales

La última revisión técnica de la Asociación Norteamericana de Diabetes (ADA), establece los principios y recomendaciones clasificados de acuerdo al nivel de evidencia disponible (Tabla 1)<sup>10,11</sup>. ADA recomienda que la composición de la dieta sea individualizada con base a la evaluación nutricional y a los objetivos esperados. La meta es contribuir a que los pacientes modifiquen sus hábitos de alimentación y de actividad física con miras a mejorar el control metabólico.

1. Lograr y mantener un control metabólico óptimo incluyendo:
  - Niveles de glucosa en el rango normal o tan cercano a lo normal como sea seguramente

posible para prevenir o reducir el riesgo de complicaciones de la DM.

- Un perfil de lípidos y lipoproteínas que reduzca el riesgo de complicaciones macrovasculares.
- Niveles de presión sanguínea que reduzcan el riesgo de enfermedad vascular.
- Prevenir y tratar las complicaciones crónicas de la DM. Modificar la ingesta de nutrientes y un estilo de vida más apropiado para la prevención y tratamiento de la obesidad, dislipidemia, enfermedad cardiovascular, hipertensión y neuropatía.
- Mejoría de la salud a través de la selección de alimentos saludables y actividad física.
- Cubrir las necesidades nutricionales individuales tomando en consideración las preferencias personales y culturales y el estilo de vida, respetando los deseos y la buena voluntad para cambiar.

## Consenso de Expertos

- La suma de carbohidratos y grasas monoinsaturadas aportará entre un 60-70% del total de la ingesta calórica. Hay que considerar el contenido de la grasa teniendo en cuenta el perfil metabólico y la necesidad de perder peso.
- La sacarosa y los alimentos que la contengan deberán ser ingeridos dentro del contexto de una dieta saludable.

La ADA establece la sustitución de grasas saturadas por un mayor aporte de grasas monoinsaturadas, sugerido previamente por algunos estudios epidemiológicos<sup>12-17</sup>, que han demostrado los efectos saludables de las dietas ricas en grasas monoinsaturadas cis en países del Mediterráneo, e incluyen otros elementos importantes de las dietas mediterráneas como lo son la alta ingesta de frutas, verduras, y cereales que son fuentes de FD<sup>18,19</sup>.

ADA recomienda un aumento moderado en la ingesta de FD de 20 a 35 gramos al día, particularmente de fibra soluble, debido a sus efectos favorables en la reducción del colesterol.

## Fibra dietética y control glucémico

El incremento en los niveles de glucosa postprandial depende de varios factores tales como: velocidad del vaciamiento gástrico, velocidad de digestión y absorción de los nutrientes, de la absorción de los monosacáridos presentes en la comida administrada y de la utilización periférica de la glucosa absorbida,

Tabla 1.  
Niveles de evidencia  
Carbohidratos y Diabetes  
Mellitus<sup>11</sup>

<b>Nivel de evidencia A</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Los alimentos que contengan carbohidratos de grano integral, frutas, verduras y leche desnatada deben formar parte de una dieta saludable.</li> <li>– La cantidad total de carbohidratos consumida es más importante que el tipo de estos.</li> <li>– La sacarosa no aumenta la glucemia más que el almidón isocalórico, por lo que los diabéticos no necesitan restringir ésta ni los alimentos que la contengan. No obstante, deberán ser sustituidos por otras fuentes de carbohidratos o de lo contrario compensar con el tratamiento farmacológico.</li> <li>– Los edulcorantes no nutritivos son seguros mientras no superen la cantidad máxima establecida por la Administración de Alimentos y Medicamentos de Estados Unidos (FDA).</li> </ul>
<b>Nivel de evidencia B</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Los individuos que reciben terapia intensiva con insulina deberán ajustar las dosis de insulina previas a las comidas de acuerdo al contenido de carbohidratos.</li> <li>– Aunque el uso de alimentos con bajo índice glucémico (IG) puede reducir la hiperglucemia postprandial, no existen suficientes evidencia del beneficio a largo plazo para recomendar el uso de dietas con bajo IG como estrategia primaria en la planificación de los menús.</li> <li>– Se debe aconsejar el consumo de FD, como al público en general; sin embargo, no existe razón para recomendar que las personas con diabetes consuman una mayor cantidad de fibra que el resto de la gente.</li> </ul>
<b>Nivel de evidencia C</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Los individuos que reciban dosis fijas de insulina cada día, deberán tratar de mantener un nivel uniforme de ingestión diaria de carbohidratos.</li> </ul>

que a su vez depende de la secreción de insulina provocada por el alimento. La FD soluble produce un incremento menor en los niveles plasmáticos de glucosa cuando se compara con el incremento producido por una solución con cantidades equivalentes de glucosa<sup>20</sup>.

El aumento en el consumo de FD, particularmente fibra soluble, se considera parte importante de un tratamiento dietético efectivo debido a sus beneficios en el colesterol sérico y la función colónica<sup>21</sup>, aunque sus efectos en la hiperglucemia han sido menos aceptados. Chandalia, *et al.* estudiaron 13 pacientes obesos con DM2 con la dieta estándar recomendada por ADA con 24 g/día, de los cuales 8 g eran fibra soluble, y otras dietas con el doble y triple de la cantidad total de fibra soluble<sup>22</sup>. Después de 3 semanas, los sujetos que siguieron la dieta alta en fibra tenían una concentración de glucosa sanguínea un 10% menor y la insulina sérica 12% inferior que los sujetos que siguieron la dieta de ADA, siendo la disminución en las concentraciones de glucosa en sangre similar a la producida por los hipoglucemiantes orales. Estos resultados sobre el beneficio de una ingesta alta en FD en DM2 confirman los de otros estudios publicados previamente que afirman que el consumo prolongado de dietas ricas en fibra es beneficiosa para individuos con DM y que ésta puede provenir tanto de alimentos naturales como de alimentos con agregado de fibra<sup>23</sup>.

Algunos autores coinciden en señalar que el aumento de la ingesta de fibra como tratamiento de la DM es

menos controversial que el tratamiento que utiliza el concepto de alimentos con bajo IG<sup>24</sup>. Aunque los alimentos con alto contenido de FD generalmente tienen bajo IG, los dos conceptos son independientes. Los alimentos con bajo IG y alto contenido de fibra generalmente tienen menor impacto en el aumento de la glucemia que los alimentos con un alto contenido de fibra y valores mayores de IG<sup>25</sup>.

La incorporación de la FD a un alimento mejora la tolerancia a la glucosa al diluir los carbohidratos digeribles (azúcares simples y almidones). Al aumentar el volumen del alimento se puede reducir la cantidad de carbohidrato digerible en una ración. Agregar fibra a los alimentos puede retardar el vaciado gástrico alterando su digestión ya que la glucosa y la fructosa se absorben en el intestino delgado. La tasa de vaciado gástrico determina casi en un 34% la variación en los niveles máximos de cargas de glucosa plasmática en individuos no diabéticos después de una carga oral de glucosa<sup>26</sup>. La disminución en la tasa de vaciado gástrico parece estar relacionada con respuestas glucémicas más bajas y saciedad prolongada<sup>27</sup>. El aumento de la viscosidad dentro del intestino delgado restringe el acceso de enzimas al alimento y entorpece la difusión de nutrientes desde el lumen hasta las paredes del intestino para su absorción y transporte a los vasos sanguíneos.

La incorporación de fibras viscosas a los alimentos disminuye el aumento de la concentración de glucosa en sangre comparado con la ingestión de un alimento control, bien sea goma de avena<sup>28</sup>, psyllium<sup>29-31</sup>,

konjac-manano<sup>32</sup>, beta-glucano<sup>33</sup> o arabinosilano<sup>34</sup>. Asimismo, el uso de genotipos de cebada enriquecidos con beta-glucano, -una fibra soluble en agua que aumenta la viscosidad-, reduce las concentraciones postprandiales de glucosa e insulina<sup>35</sup>.

El consumo crónico de grandes cantidades de fibra se asocia a una reducción en los niveles de HbA1c, un indicador del control metabólico<sup>36</sup>. El estudio EURO-DIAB sobre complicaciones analizó la ingesta de FD natural en diabéticos tipo 1 (DM1) para determinar las asociaciones entre las concentraciones de HbA1c y la prevalencia de cetoacidosis o hiperglucemia severa. La ingesta de FD fue inversamente proporcional a las concentraciones de HbA1c, independientemente de la ingesta de carbohidratos, calorías totales y otros factores relacionados con el estilo de vida y el manejo de la DM. El riesgo de cetoacidosis severa disminuyó significativamente con ingestas de fibra más elevadas, corroborando su efecto beneficioso en el rango comúnmente consumido por diabéticos tipo 1.

Otro trabajo de este grupo<sup>37</sup>, analizó el IG de la dieta de pacientes con DM1, correlacionando el registro dietético de 1.851 pacientes con DM1 con los valores de HbA1c, colesterol total, LDL-colesterol y concentraciones de triacilglicerol. Se observaron bajas concentraciones de HbA1c en aquellos individuos en el cuartil más bajo de IG (IG: 75); las concentraciones de HbA1c en esos individuos eran un 8% inferiores a las de los sujetos en el cuartil más alto de IG (IG medio: 89). Las concentraciones de colesterol total y LDL-colesterol no estaban asociadas con el IG dietético. Los resultados de este estudio epidemiológico confirman que cualquier disminución en la glucemia reducirá efectivamente el riesgo de complicaciones microvasculares y neuropáticas en diabéticos tipo 1.

Un estudio aleatorio controlado comparó los efectos de una dieta de bajo IG con una dieta de alto IG, sobre el metabolismo de la glucosa, la masa grasa total, y la resistencia a la insulina en 12 voluntarios varones con DM2, en un diseño cruzado a dos períodos de 4 semanas, separados por un período de 4 semanas de "lavado". Los autores concluyeron que en sólo en 4 semanas una dieta de bajo IG fue capaz de mejorar el control glucémico y la HbA1c, la utilización de la glucosa, algunos perfiles lipídicos y la capacidad de fibrinólisis en la DM2<sup>38</sup>. Aunque los cambios en el control glucémico fueron modestos durante las 4 semanas, sugieren que el tratamiento a largo plazo con una dieta de bajo IG puede jugar un papel importante en el tratamiento de la DM y desórdenes relacionados. Otro estudio<sup>39</sup>, demostró que la disminución de la HbA1c se lograba cuando se asociaba una dieta de bajo IG con una carga glucémica baja. Este estudio demostró que los sujetos con sobrepeso

y con DM2, con unas instrucciones dietéticas flexibles y dietas acordes a sus hábitos culturales y alimentos con bajo IG, lograban niveles significativamente mejores de HbA1c 6 semanas después, en comparación con aquellos que siguieron dietas con alto IG basadas en las guías dietéticas mexicanas. Otro estudio reciente de este grupo<sup>40</sup> demostró que cuando la dieta de bajo IG contenía una alta cantidad de fibra al día (53g), mejoraba la dislipemia, sin reducción de los niveles de glucosa plasmática en ayunas o HbA1c en DM2. Sin embargo, las dietas que contenían mucho más fibra (40-65 g/día), principalmente en forma de fibra soluble, mejoraron el control de la DM y HbA1c en sujetos con DM1.

Un metanálisis de estudios aleatorios controlados para determinar si las dietas con bajo IG comparadas con aquellas de alto IG, mejoraban el control glucémico en individuos con DM evaluando la reducción en los niveles de HbA1c o fructosamina concluyó que la selección de alimentos con bajo IG en lugar de alimentos convencionales con alto IG tienen un efecto pequeño pero clínicamente útil sobre el control glucémico a mediano plazo en pacientes con DM. El beneficio del incremento es similar al ofrecido por agentes farmacológicos que controlan la hiperglucemia postprandial<sup>41</sup>.

El consumo crónico de FD está asociado con el aumento de fermentación en el intestino grueso, aumento de la síntesis y secreción intestinal de hormonas como el péptido 1 tipo glucagon (GLP-1), y una mejora en las respuestas glucémicas a cargas orales de glucosa<sup>42,43</sup>. Se sabe que el GLP-1 es un inhibidor directo de la secreción gástrica<sup>44-46</sup>, que aumenta la secreción de insulina<sup>47</sup> y disminuye el consumo de alimentos<sup>48,49</sup>. De esta manera, el aumento en la secreción intestinal de GLP-1 puede disminuir los requerimientos de insulina después de comer, mediante la modulación de los índices de secreción gástrica e incrementar la capacidad del páncreas para secretar insulina. Basándose en estos estudios es posible asociar el consumo de dietas altas en fibra con una mayor capacidad intestinal para emitir señales que regulan la tasa de paso del alimento del estómago al intestino (donde los nutrientes son absorbidos), para modular el apetito y para mejorar la secreción de insulina y la eliminación de glucosa.

## Fibra dietética y prevención de la diabetes

Los carbohidratos dietéticos pueden tener influencia en el desarrollo de DM2 a través de sus efectos en

la glucemia y en las concentraciones de insulina. El *Estudio de Mujeres de Iowa*, realizado en una población de 36.000 mujeres entre 55 y 69 años de edad durante un período de 6 años ha agregado nuevos conocimientos acerca del papel de la dieta en la etiología de la DM<sup>50</sup>. Los resultados de este estudio reflejan que un mayor consumo de cereales, granos integrales, fibra total, fibra de cereales listos para consumir y magnesio, están asociados a una menor incidencia de DM2, independientemente del efecto de la dieta en el peso corporal. El riesgo de desarrollar DM en las mujeres que consumieron 17.5 porciones de cereales integrales a la semana disminuyó un 21% en comparación con las que consumieron menos de tres porciones semanales.

Tanto el magnesio como la fibra proveniente de cereales listos para consumir, se correlacionaron negativamente con la DM2 sugiriendo que los beneficios de los cereales pueden deberse a la fibra así como al magnesio. Ambos se encuentran presentes en mayores cantidades en los cereales integrales que en los refinados, no estando estos últimos asociados con una protección contra la DM.

Las mujeres en el quintil de ingesta de FD más alto tuvieron 22% menos riesgo de desarrollar DM que las mujeres en el quintil más bajo de consumo de fibra. Estos datos confirman los resultados del *Estudio de Salud de Enfermeras* en el que se encontró una relación similar en el riesgo de DM con una ingesta de FD<sup>51</sup>. En contraste, no se encontró asociación alguna entre el riesgo de DM y la ingesta de fibra total en un grupo de hombres profesionales de la salud<sup>52</sup> (Figura 1) ni en el estudio de casos y controles de 702 hombres y mujeres<sup>53</sup>.

Los efectos de la FD sobre la glucemia, se atribuyen principalmente a la fibra soluble, que hace más lenta la absorción de los alimentos al crear una sustancia gelatinosa en el estómago<sup>54,55</sup>. La fibra insoluble también aumenta el tiempo de absorción de los alimentos. Por eso, el hallazgo de la asociación

inversa entre la fibra insoluble, y no la fibra soluble, con el riesgo de DM no es del todo inesperado. Por ejemplo, en el *Estudio de Salud de Enfermeras* se encontró que de las asociaciones entre la DM y las diferentes fuentes de FD, sólo la asociación inversa entre la fibra del cereal y la DM fue estadísticamente significativa después de ajustar por algunas variables involucradas. En el estudio de seguimiento de los hombres profesionales de salud, se reportó que la fibra del cereal estaba asociada inversamente con el riesgo de DM, mientras que el consumo de fibra de frutas y verduras no estaba relacionado con el riesgo de esta condición<sup>51</sup>. Los hallazgos de estos estudios prospectivos confirman una asociación más fuerte de la fibra insoluble que de la fibra soluble con el riesgo de DM, enfatizando el papel importante de la fibra insoluble en la prevención de la DM.

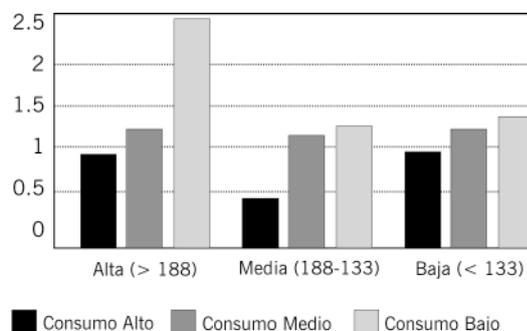
## Índices insulinémicos y glucémicos

La resistencia a la insulina, o incapacidad del cuerpo para controlar la glucemia con niveles normales de insulina, está asociada a la obesidad y puede ser un paso previo al desarrollo de DM no insulino dependiente<sup>11</sup>. Reducir el nivel de insulina requerido para mantener una glucemia normal se considera una indicación de una disminución en la resistencia a la insulina o de mayor sensibilidad a la misma<sup>56</sup>. La resistencia a la insulina puede medirse de diversas maneras, incluyendo la tasa del nivel de insulina a los 30 minutos después del consumo del alimento con carbohidrato o referencia y el nivel de insulina en ayunas (insulina 30 min/insulina 0 min)<sup>57-60</sup>. Una alta tasa de insulina (mayor que la referencia) se asocia a resistencia a la insulina, mientras que una tasa baja (menor a la referencia) se asocia con sensibilidad a la insulina.

El concepto de IG (IG) fue introducido en 1981 para caracterizar la tasa de absorción de carbohidratos después de una comida<sup>61</sup>. El IG se define como el área bajo la curva de respuesta de glucosa después del consumo de 50 gramos de carbohidrato de un alimento de prueba dividido entre el área bajo la curva después del consumo de 50 gramos de carbohidrato de una comida control, sea pan blanco o glucosa<sup>62</sup>. En las últimas dos décadas se ha medido el IG de gran cantidad de alimentos que contienen carbohidratos<sup>63</sup>.

Hasta la fecha existen más de 15 estudios que han utilizado específicamente el IG para determinar si favorecen el manejo clínico de la DM. La mayoría han obtenido resultados positivos. En promedio, las

Figura 1. Carga glucémica y riesgo de diabetes en hombres según consumo de fibra de cereal<sup>51</sup>



dietas bajas en IG disminuyen la HbA1c en 9%, la fructosamina en 8%, los péptidos urinarios C en 20% y la glucemia diaria en 16%, el colesterol en 6% y los triglicéridos en 9%. Estas mejorías son modestas al igual que los cambios que hay que hacer a la dieta del paciente.

Los índices glucémicos de varios alimentos de consumo frecuente en México se presentan en la Tabla 2.

## Respuestas glucémicas e insulinémicas a cereales integrales

La resistencia a la insulina y la progresiva disfunción de las células  $\beta$  pancreáticas son pasos fundamentales bien establecidos en la patogénesis de la DM 2. Datos epidemiológicos y metabólicos indican que el deterioro en la acción de la insulina y la hiperinsulinemia compensatoria resulta con frecuencia en un perfil lipídico plasmático anormal (Ej. elevación de los triglicéridos y bajos niveles de lipoproteína de alta densidad), hipertensión arterial y otros cambios hemodinámicos, que a su vez son causas de enfermedad coronaria. Asimismo, la resistencia a la insulina, la obesidad y la hiperglucemia están asociadas con niveles plasmáticos elevados de proteína C reactiva, un importante componente en el inicio de la cascada de la respuesta de fase aguda del organismo ante varios estímulos. Considerados en conjunto, los datos epidemiológicos y metabólicos sugieren que la resistencia a la insulina es un antecedente común tanto para la DM2 y la enfermedad cardiovascular y puede reflejar una adaptación crónica del sistema inmune. Los factores dietéticos pueden ser importantes en propiciar esas condiciones aunque su contribución precisa es incierta<sup>64</sup>.

Debido a su forma física y su alto contenido de fibra, los cereales integrales tienden a ser lentamente digeridos y absorbidos, y sus índices glucémicos son relativamente bajos. La evidencia de estudios epidemiológicos y ensayos metabólicos, apoya la hipótesis de que los alimentos a base de cereales integrales y legumbres protegen contra el desarrollo de la DM y mejoran el control glucémico en aquellos individuos con DM1 y DM2. Se ha reportado que en individuos diabéticos y no diabéticos, las ingestas altas de alimentos con bajo IG están asociadas con las bajas concentraciones de insulina. La reducción en la demanda de insulina, representa una mejoría de la sensibilidad a la misma, y puede ser uno de los mecanismos protectores contra la enfermedad coronaria y la DM en asociación con el alto consumo de cereales integrales. Varios estudios que analizaron

la asociación entre las dietas ricas en cereales integrales o refinados y varios marcadores metabólicos del riesgo de DM2<sup>65-69</sup> demostraron que el consumo de cereales integrales muestra efectos significativamente beneficiosos sobre la glucosa, insulina, metabolismo lipídico y otros marcadores metabólicos para el riesgo de DM2. No se conocen cuáles son los mecanismos biológicos por los cuales estos alimentos pueden ejercer un efecto protector, pero es probable que éste se deba a múltiples factores dietéticos, tales como el aporte de fibra, los antioxidantes, los fitoestrógenos y muchos otros constituyentes de los cereales integrales.

Un estudio epidemiológico reportó que por cada 6g de incremento en el consumo de fibra estaba asociado con un 25% en la reducción de la mortalidad por la enfermedad isquémica cardíaca<sup>70</sup>. Asimismo, la reducción en el riesgo de enfermedad coronaria se ha reportado en personas que consumen una dieta que contiene por lo menos 37g de fibra al día.

Los estudios prospectivos grandes han encontrado de manera consistente que las personas que consumen tres raciones por día de cereales integrales son menos propensas a desarrollar DM2 que aquellas que consumen menos de 3 raciones por semana, con una reducción en el riesgo de 20-30%<sup>50,64,66</sup>. La asociación es sólida después de controlar otros

Alimento	Índice Glucémico
Nopales	10
Leche entera	39
Frijoles Negros	43
Leche descremada	46
Manzana	52
Frijoles Marrones	54
Espaguetis	59
Kellogg's All Bran	60
Naranja	62
Arroz Blanco	71
Jugo de Naranja	74
Maíz Tierno	78
Avena	79
Arroz Integral	79
Mango	80
Helado	87
Pan Blanco	99
Zanahorias	101
Chips de Maíz	103

Tabla 2.  
Índice Glucémico de alimentos consumidos frecuentemente en México<sup>63</sup>

factores de riesgo tales como la edad, el IMC, la actividad física, las calorías totales ingeridas, el hábito tabáquico y el consumo de alcohol con una dosis-respuesta a través de los quintiles de consumo de cereales integrales. Los estudios controlados aleatorios usando diferentes intervenciones de estilo de vida que también incluyeron el consumo de cereales integrales han demostrado el potencial de retrasar la progresión de la intolerancia a la glucosa a la DM2 y reducir la resistencia a la insulina. No es posible precisar en qué medida los distintos estilos de vida contribuyen en la mejoría del control glucémico. Los factores dietéticos pueden incluir un incremento en la FD y la ingesta de magnesio.

Las recomendaciones dietéticas de los organismos de salud incluyen el consumo de tres porciones de alimentos integrales al día. No obstante, pocas personas alcanzan siquiera este estándar. Varias investigaciones utilizando granos de cereales y sus derivados han mostrado ser efectivos para mejorar la resistencia a la insulina o disminuir el IG.

### **Maíz**

El maíz y los productos derivados tienen un amplio rango de respuestas glucémicas e insulinémicas, dependiendo del cultivo, la forma, el procesamiento y el nivel de amilosa y amilopectina. Las hojuelas de maíz tostadas, mostraron índices glucémico e insulinémico más altos que el pan blanco en 8 estudiantes universitarios no diabéticos<sup>59</sup> y en 14 niños no diabéticos<sup>71</sup>. Al comparar las respuestas de 16 diabéticos jóvenes a las hojuelas de maíz, las hojuelas de maíz azucaradas, la glucosa y la sacarosa<sup>72</sup>, no se encontraron diferencias entre los distintos tipos de cereales de maíz, por lo que concluyeron que los las hojuelas de maíz tostadas, pre-endulzadas o no, no eran perjudiciales en el manejo dietético de estos pacientes. El maíz dulce hervido y las palomitas de maíz tienen un IG cercano a 80 en comparación con el pan blanco (100%). Otro estudio reportó que las respuestas insulinémicas de 12 mujeres y 13 hombres eran significativamente más bajas después del consumo de galletas de maíz con 70% de amilosa en comparación con las mismas galletas con un 70% de amilopectina<sup>73</sup>. Los picos de respuesta de glucosa también fueron menores después de consumir galletas altas en amilosa.

### **Avena**

Diversos estudios han reportado las propiedades de la fibra soluble en la reducción del colesterol, incluyendo la avena. Hace más de 30 años, se encontró que el

efecto de la goma de avena en disminuir las respuestas glucémicas e insulinémicas de adultos sanos cuando era agregada a una solución de glucosa<sup>74</sup>, y los autores concluyeron que la viscosidad de la goma de avena retardaba el vaciado gástrico y/o la absorción intestinal<sup>75</sup>. En un estudio similar, se reportaron reducciones en la glucemia e insulina cuando compararon las respuestas de sujetos sanos a la glucosa con y sin goma de avena<sup>76</sup>, mientras que en otro estudio se compararon respuestas al consumo de salvado de trigo, arroz, o avena durante 4 semanas en varones con colesterol elevado, no encontrando diferencias en las respuestas de glucemia e insulinemia<sup>77</sup>.

### **Trigo**

El pan blanco tiene un IG de 70, sustancialmente menor que las papas, galletas dulces, bebidas gaseosas y frutas, mientras que el pan de trigo integral produce una menor respuesta glucémica e insulinémica. Las respuestas glucémicas con alimentos a base de cebada y trigo consumidos fueron comparadas durante 4 semanas, en varones con hipercolesterolemia leve<sup>78</sup>. Con el consumo de cebada el colesterol disminuyó significativamente, pero no hubo diferencias en las respuestas glucémicas al trigo. En este estudio la FD total incrementó de 21 a 38 g/día durante ambos períodos, lo que puede explicar la falta de diferencia. Las respuestas glucémicas a cuatro tipos de trigo (grano integral, grano partido, granulado y harina refinada) en 10 sujetos sanos, fueron significativamente menores con el grano integral que con la harina refinada, indicando que el tamaño del grano de trigo influye en estas respuestas<sup>79</sup>.

## **Conclusiones**

El conocimiento de cuáles son los mecanismos por los cuales los granos integrales y las legumbres pueden mejorar el control glucémico puede facilitar la formulación de recomendaciones dietéticas más específicas dirigidas a reducir el riesgo de desarrollar diabetes como también a tratar a individuos diabéticos, lo que es posible en el momento. Además de ser una excelente fuente de FD, los granos integrales pueden tener combinaciones beneficiosas de muchos micronutrientes, antioxidantes, ácidos grasos insaturados, minerales traza y no nutrientes, tales como ácidos fenólicos, lignanos y fitoestrógenos

Dada la naturaleza epidémica de la DM2, es importante destacar que una dieta rica en cereales de granos no refinados y legumbres es recomendable y adecuada para la población general y para las

familias con alto riesgo de DM e individuos diabéticos. Por lo tanto los individuos con DM1 y DM2 no necesitan ingerir comidas diferentes de aquellas que son apropiadas para el resto de la familia y de la comunidad.

## Bibliografía

- Mathers J. Choosing your carbohydrates to prevent DM. *Brit J Nutr* 2002;88:107-108.
- Klein S, Sheard NF, Pi-Sunyer X, Daly A y col. Weight management through lifestyle modification for the prevention and management of type 2 diabetes: rationale and strategies. ADA Position Statement. *Diabetes Care* 2004;27:2067-73.
- Field AE, Coakley EH, Must A y col. Impact of overweight on the risk of developing common chronic diseases during a 10-year period. *Arch Intern Med* 2001;161:1581-6.
- Escobedo-de la Peña J, Rico-Verdín B. Incidencia y letalidad de las complicaciones agudas y crónicas de la DM en México. *Salud Pública Mex* 1996;38:236-42.
- Hirate Y, Nakamura Y, Kaku M. Characteristics of the treatment of diabetics in Japan. In: DM in Asia. Amsterdam: Excerpta Medica. 1970:216-20.
- Patel JC, Metha AB, Dhirawani MK, Juthani VJ, Aiyer I. High carbohydrate diet in the treatment of DM. *Diabetologia* 1969;5:243-7.
- Committee of the American Diabetes Association on Food and Nutrition. Principles of nutrition and dietary recommendations for individuals with DM. *Diabetes* 1979; 28:1027-30.
- Nuttal FQ. Dietary recommendations for individuals with DM. *Am J Clin Nutr* 1979; 33:1311-2.
- Jenkins DJA, Goff DV, Leeds AR, Alberti KGMM, Wolever TMS, Gassell MA, Khockaday TDR. Unabsorbable carbohydrates and diabetes decreased postprandial hyperglycemia. *Lancet* 1976; II:172-4.
- ADA. Report of the Expert Committee on the Diagnosis and Classification of Diabetes Mellitus. *Diabetes Care* 2003;26 (Suppl 1):S5-S20.
- ADA 2002. Evidence-based nutrition principles and recommendations for the treatment and prevention of diabetes and related complications. *Diabetes Care* 2003;26 (Suppl 1):S51-S61.
- Garg A, Bonanome A, Grundy SM, Zhang ZJ, Unger RH. Comparison of a high carbohydrate diet with high monounsaturated-fat diet in patients with non-insulin-dependent DM. *N Engl J Med* 1988; 319:829-834.
- Rivellese AA, Giacco R, Genovese S y col. Effects of changing amount of carbohydrate in diet on plasma lipoproteins and apolipoproteins in type II diabetic patients. *Diabetes Care* 1990; 13:446-448.
- Parillo M, Rivellese AA, Ciardullo AV y col. A high monounsaturated-fat/low carbohydrate diet improves peripheral insulin sensitivity in non-insulin dependent diabetic patients. *Metabolism* 1992;41:1373-8.
- Rasmussen OW, Thomsen C, Hansen KW, Vesterlund M, Winther E, Hernassen K. Effects on blood pressure, glucose, and lipid levels of a high monounsaturated fat diet compared with a high-carbohydrate diet in NIDDM patients. *Diabetes Care* 1993;16:1565-1571.
- Campbell LV, Marmot PE, Dyer JA, Borkman M, Storlien LH. The high monounsaturated fat diet as a practical alternative for NIDDM. *Diabetes Care* 1994; 17:177-182.
- Garg A, Bantle JP, Henry RR, Coulston AM, Griver KA, Raatz SK, Brinkley L, Chena Y-D I, Grundy SM, Huet BA, Reaven GM. Effects of varying carbohydrate content of diet in patients with non-insulin-dependent DM. *J Am Med Assoc* 1994;271:1421-1428.
- Nestle M. Mediterranean diets: historical and research overview. *Am J Clin Nutr* 1995; 61:1313S-1320S.
- Kromhout D, Keys A, Aravanis C y col. Food consumption patterns in the 1960s in seven countries. *Am J Clin Nutr* 1989;49:889-94.
- Jenkins DJ, Wolever TM, Taylor RH, Barker HM, Fielden H, Baldwin JM, Bowling AC, Newman HC, Jenkins AL & Goff DV. Glycemic index of foods: a physiological basis for carbohydrate exchanges. *Am J Clin Nutr* 1981; 34:362-366.
- Bruce B, Spiller GA, Klevay LM, Gallagher SK. A diet high in whole and unrefined foods favorably alters lipids, antioxidant defenses, and colonic function. *J Am Coll Nutr* 2000;19:61-7.
- Chandalia M, Garg A, Lutjohann D, von Bergmann K, Grundy SM, Brinkley LJ. Beneficial effects of high fiber dietary fiber intake in patients with type 2 DM. *N Engl J Med* 2000;342:1392-8.
- Wursch P, Pi-Sunyer X. The role of viscous soluble fiber in the metabolic control of diabetes. *Diabetes Care* 1997;20:1774-1780.
- Wolever TM. The glycemic index: flogging a dead horse? *Diabetes Care* 1997;20:452-6.
- Jarvi AE, Karlstrom BE, Granfeldt YE, Bjorck IE, Asp NG, Vessby BO. Improved glycemic control and lipid profile and normalized fibrinolytic activity on a low-glycemic index diet in type 2 diabetic patients. *Diabetes Care* 1999;22:10-8.
- Horowitz M, Edelbroek MAL, Wishart JM, Straathof JW. Relationship between oral glucose tolerance and gastric emptying in normal healthy individuals. *Diabetologia* 1993;36:857-862.
- Liljeberg HGM, Bjorck IME. Delayed gastric emptying rate as a potential mechanism for lowered glycemia after eating sourdough bread: studies in humans and rats using test products with added organic acids or an organic salt. *Am J Clin Nutr* 1996;64:886-893.
- Wood PJ, Braaten JT, Scott FW, Riedel KD, Wolynetz MS, Collins MW. Effect of dose and modification of

- viscous properties of oat gum on plasma glucose and insulin following an oral glucose load. *Br J Nutr* 1994;72:731-743.
29. Munari AC, Pinto WB, Andraca CRA, Casarrubias M. Lowering glycemic index of food by acarbose and Plantago psyllium mucilage. *Arch Med Res* 1998;29:137-141.
  30. Wolever TMS, Vuksan V, Eshuis H, Spadafora P, Peterson RD, Chao ESM, Storey ML. Effect of method of administration of psyllium on glycemic response and carbohydrate digestibility. *J Am Coll Nutr*. 1991;10(4):364-71.
  31. Pastors JG, Blaisdell PW, Balm TK, Asplin CM, Pohl SL. Psyllium fiber reduces rise in postprandial glucose and insulin concentrations in patients with non-insulin-dependent diabetes. *Am J Clin Nutr* 1991;53:1431-1435.
  32. Shima K, Tabata M, Tanaka A, Kumahara Y. Effect of dietary fiber (guar gum and konjac powder) on diabetic control. *Nutr Rep Intl* 1982;26:297-302.
  33. Wursch P, Pi-Sunyer FX. The role of viscous soluble fiber in the metabolic control of diabetes : a review with special emphasis on cereals rich in beta-glucan. *Diabetes Care* 1997;20:1774-80.
  34. Lu ZX, Walker KZ, Muir JG, Mascara T, O'Dea K. Arabinoxylan fiber, a by-product of wheat flour processing, reduces the glucose response in normoglycemic subjects. *Am J Clin Nutr* 2000;71:1123-1128.
  35. Buyken AE, Toeller M, Heitkamp G, Vitelli F, Stehle P, Scherbaum WA, Fuller JH y col. Relation of fibre intake to HbA1c and the prevalence of severe ketoacidosis and severe hypoglycemia. *Diabetologia* 1998;41:882-90.
  36. Buyken AE, Toeller M, Heitkamp G, Karamanos B, Rottiers R, Muggeo M, y col. Glycemic index in the diet of European outpatients with type 1 DM : relations to glycosylated hemoglobin and serum lipids. *Am J Clin Nutr* 2003;73:574-81.
  37. Buyken AE, Toeller M, Heitkamp G, Karamanos B, Rottiers R, Muggeo M, y col. 2003. Glycemic index in the diet of European outpatients with type 1 DM : relations to glycosylated hemoglobin and serum lipids. *Am J Clin Nutr* 2001;73:574-81.
  38. Rizkalla SW, Taghrid L, Laromiguiere M, Huet D, Boillot J, Rigoir A y col. Improved Plasma Glucose Whole-Body Glucose Utilization, and Lipid Profile on Low-Glycemic Index Diet in Type 2 Diabetes. *Diabetes Care* 2004;27:1866-1872.
  39. Jiménez-Cruz A, Bacardi-Gascon M, Turnbull W, Rosales-Garay P, y Severino Lugo I. A flexible, low-glycemic index Mexican-style diet in overweight and obese subjects with type 2 diabetes improves metabolic parameters during a 6-week treatment period. *Diabetes Care* 2003;26:1967-1970.
  40. Jiménez-Cruz A, Bacardi-Gascon M, Turnbull W, Rosales-Garay P. A high fiber, moderate-glycemic-index, Mexican style diet improves dyslipidemia in individuals with type 2 diabetes. *Nutr Res* 2004;24:19-27.
  41. Brand-Miller J, Hayne S, Petocz P, Colagiuri S. Low-Glycemic Index Diets in Management of Diabetes. A meta-analysis of randomized controlled trials. *Diabetes Care* 2003;26:2661-2667.
  42. Reimer RA, McBurney MI. Dietary fiber modulates intestinal proglucagon messenger ribonucleic acid and postprandial secretion of glucagon-like peptide-1 and insulin in rats. *Endocrinology* 1996;137(9):3948-56.
  43. Massimino SP, McBurney MI, Field CJ, Thomson AB, Keelan M, Hayek MG, Sunvold GD. Fermentable dietary fiber increases GLP-1 secretion and improves glucose homeostasis despite increased intestinal glucose transport capacity in healthy dogs. *J Nutr* 1998;128(10):1786-93.
  44. Willms B, Werner J, Orskov C, Holst JJ, Creutzfeldt W, Nauck MA. Gastric emptying, glucose responses, and insulin secretion after a liquid test meal: effects of exogenous glucagon-like peptide-1 (GLP-1)-(7-36) amide in type 2 (noninsulin dependent) diabetic patients. *J Clin Endocrinol Metab* 1996;81:327-332.
  45. Naslund E, Gutniak S, Skogar S, Rossner S, Hellstrom PM. Glucagon-like peptide-1 (GLP-1) increases the postprandial satiety and slows gastric emptying in obese humans. *Am J Clin Nutr* 1998; 68:525-530
  46. Naslund E, Bogefors J, Skogar S, Gryback P, Jacobsson H, Holst JJ, Hellstrom PM. GLP-1 slows gastric emptying and inhibits insulin, glucagon, and PYY release in humans. *Am J Physiol* 1999;46:R910-916.
  47. Holst JJ. Enteroglucagon. *Ann Rev Physiol* 1997;59:257-271.
  48. Flint A, Raben A, Astrup A, Holst JJ. Glucagon-like peptide 1 promotes satiety and suppresses energy intake in humans. *J Clin Invest* 1998,1:515-520.
  49. Naslund E, Barkeling B, King N, Gutniak M, Blundell JE, Holst JJ, Rossner S, Hellstrom PM. Energy intake and appetite is suppressed by glucagon-like peptide-1 (GLP-1) in obese men. *Int J Obes* 1999;23:304-11.
  50. Meyer KA, Kushi LH, Jacobs DR Jr, Slavin J, Sellers TA, Folsom AR. Carbohydrates, dietary fiber, and incident type 2 diabetes in older women. *Am J Clin Nutr* 2000 Apr;71(4):921-30.
  51. Salmeron J, Ascherio A, Rimm EB, Colditz GA, Spiegelman D, Jenkins DJ, Stampfer MJ, Wing AL, Willett WC. Dietary fiber, glycemic load, and risk of NIDDM in men. *Diabetes Care* 1997;20(4):545-50.
  52. Salmeron J, Manson JE, Stampfer MJ, Colditz GA, Wing AL, Willett WC. Dietary fiber, glycemic load, and risk of non-insulin-dependent DM in women. *JAMA* 1997; 12:277(6):472-7.
  53. Marshall JA. The role of dietary fiber in the etiology of non-insulin-dependent diabetes mellitus. The San Luis Valley Diabetes Study. *Ann Epidemiol* 1993;3(1):18-26.
  54. Vinik AI, Jenkins DJ. Dietary fiber in management of diabetes . *Diabetes Care* 1988;11(2):160-73.

55. Anderson JW. Fiber and health: an overview. *Am J Gastroenterol* 1986;81:892-7.
56. Kiens B & Richter EA. Types of carbohydrate in an ordinary diet affect insulin action and muscle substrates in humans. *Am J Clin Nutr* 1996; 63:47.
57. Elahi DE. In praise of the hyperglycemic clamp. A method for assessment of B-cell sensitivity and insulin resistance. *Diabetes Care* 1996; 19: 278.
58. Gannon MC and Nuttal FQ. Factors affecting interpretation of postprandial glucose and insulin areas. *Diabetes Care*, 1987; 10:759.
59. Wolever TMS, Nuttall FQ, Lee R, Wong GS, Josse RG, Csima A & Jenkins DJ. Prediction of the relative blood glucose response of mixed meals using the white bread glycemic index. *Diabetes Care* 1985; 8:418.
60. Reaven G & Miller R. Study of the relationship between glucose and insulin responses to an oral glucose load in man. *Diabetes* 1968;17:560.
61. Jenkins DJ, Wolever TM, Taylor RH, Barker HM, Fielden H, Baldwin JM, Bowling AC, Newman HC, Jenkins AL & Goff DV. Glycemic index of foods: a physiological basis for carbohydrate exchanges. *Am J Clin Nutr* 1981; 34:362-6.
62. Wolever TMS, Vuksan V, Eshuis H, Spadafora P, Peterson RD, Chao ESM, Storey ML. Effect of method of administration of psyllium on glycemic response and carbohydrate digestibility. *J Am Coll Nutr* 1991;10(4):364-71.
63. Foster-Powell K & Brand Miller J. International tables of glycemic index. *Am J Clin Nutr* 1995;62:871S-93S.
64. Liu S. Intake of refined carbohydrates and whole grain foods in relation to risk of type 2 diabetes mellitus and coronary heart disease. *J Am Coll Nutr* 2002;21(4):298-306.
65. Jang Y, Ho Lee, J, Yoen Kim O, Young Park H, Yun Lee S. Consumption of whole grain and legume powder reduces insulin demand, lipid peroxidation, and plasma homocysteine concentrations in patients with coronary artery disease. *Arterioscler Thromb Vasc Biol* 2001;21:2065-2071.
66. Fung TT, Hu FB, Pereira MA, et al. Whole-grain intake and the risk of type 2 diabetes: a prospective study in man. *Am J Clin Nutr* 2002;76:535-40.
67. McKeown NM, Beigs JB, Liu S, Wilson PWF, Jacques PF. Whole-grain intake is favorably associated with metabolic risk factors for type 2 diabetes and cardiovascular disease in the Framingham Offspring Study. *Am J Clin Nutr* 2002;76:390-8.
68. Liese AD, Roach AK, Sparks KC, Marquart L, D'Agostino RBD, Mayer-Davis E. Whole-grain intake and insulin sensitivity: the Insulin Resistance Atherosclerosis Study. *Am J Clin Nutr* 2003;78:965-71.
69. Liese AD, Roach AK, Sparks KC, Marquart L, D'Agostino RBD, Mayer-Davis E. Whole-grain intake and insulin sensitivity: the Insulin Resistance Atherosclerosis Study. *Am J Clin Nutr* 2003;78:965-71.
70. Anderson JW, Hanna TH. Impact of nondigestible carbohydrates on serum lipoproteins and risk for cardiovascular disease. *J Nutr* 1999;29:1457s-1466s.
71. Bimbacher R, Waldhron T, Schneider U & Schober E. Glycaemic responses to commonly ingested breakfasts in children with insulin-dependent DM. *Eur J Pediatr*, 1995;154:353.
72. Wheeler ML, Fineberg SE, Gibson R, Fineberg N. Controlled portions of pre-sweetened cereals present no glycemic penalty in persons with insulin-dependent DM. *J Am Diet Assoc* 1996;96:458-63.
73. Behall KM, Scholfield DJ & Canary J. Effect of starch structure on glucose and insulin responses in adults. *Am J Clin Nutr* 1988;47:428.
74. Jenkins DJA, Wolever TMS, Leeds AR, Gassull MA, Hasman P, Dilawari J, Goff DV, Metz GL and Alberti, KGM: Dietary fibres, fibre analogues, and glucose tolerance: importance of viscosity. *Br Med J* 1978;27:1(6124):1392-4.
75. Wood, P. J. Anderson, J. W. Braaten, J. T. Cave, N. A. Scott, F. W. and Vachon, C. Physical effects of B- D-glucan rich fractions from oats. *Cereal Foods World* 1989;34:878.
76. Braaten J FW, Riedel D, Poste LM & Collins MW. Oat gum lowers glucose and insulin after an oral glucose load. *Am J Clin Nutr* 1991;53:1425.
77. Kestin M, Moss R, Clifton PM Nestel PJ. Comparative effects of three cereal brans on plasma lipids, blood pressure, and glucose metabolism in mildly hypercholesterolemic subject. *Am J Clin Nutr* 1990;52:661.
78. McIntosh GH, Whyte J, McArthur R & Nestel PJ. Berley and wheat foods: Influence on plasma cholesterol concentrations in hypercholesterolemic men. *Am J Clin Nutr* 1991;53:1205.
79. Behall KM, Scholfield DJ, & Hallfrisch J. The effect of particle size of whole grain flour on plasma glucose, insulin, glucagon, and thyroid stimulating hormone in human subjects. *J Am Coll Nutr* 1999;18:591.