

## Respuesta glicémica al consumo de una barra de cereales-leguminosa (*Phaseolus vulgaris*) en individuos sanos.

Rosaura Zambrano, Marisela Granito, Yolmar Valero

Departamento de Tecnología de Servicios. Universidad Simón Bolívar. Sede del Litoral, Camurí Grande. Caracas, Venezuela. Departamento de Tecnología de Procesos Biológicos y Bioquímicos. Universidad Simón Bolívar. Sartenejas, Baruta. Caracas, Venezuela.

**RESUMEN.** El objetivo de la presente investigación fue formular una barra de cereales y leguminosa (*Phaseolus vulgaris*) y evaluar su impacto sobre la respuesta glicémica de individuos sanos, a fin de contribuir con la oferta de alimentos beneficiosos para la salud del consumidor. Para esto se formuló una barra con una mezcla de cereales (maíz y avena) y dos porcentajes (20% y 30%) de *Phaseolus vulgaris*. Adicionalmente, se preparó una barra de cereales sin leguminosa (barra control). Mediante evaluación sensorial, se seleccionó la barra con 30% de *Phaseolus vulgaris*, por ser evaluada con mejor sabor y textura, además esa combinación de cereales y leguminosas favorece la complementación aminoacídica y los criterios de formulación previamente establecidos. La caracterización química indicó un contenido de proteínas mayor en la barra con 30% de *Phaseolus vulgaris* (13,55%), en relación a la barra control (8,5%). Los contenidos de grasa, cenizas y fibra dietética no presentaron diferencias ( $p>0,05$ ) entre ambas barras evaluadas. Sin embargo, el contenido de fibra soluble y de almidón resistente de la barra seleccionada resultó un 32,05% y 18,67% mayor, respectivamente, que en la barra control, con lo cual se podría contribuir con la disminución de la velocidad de absorción de la glucosa. La barra seleccionada presentó un índice glicémico bajo (49) y carga glicémica intermedia (12,0) en voluntarios sanos, lo que podría traducirse en una posible reducción de la tasa de absorción de glucosa al torrente sanguíneo, asociada a un contenido de carbohidratos de absorción lenta. La barra formulada representa una propuesta de merienda saludable para el consumidor.

**Palabras clave:** Índice glicémico, carga glicémica, fibra dietética, almidón resistente, *Phaseolus vulgaris*.

**SUMMARY.** Glycemic response to consumption of a cereals and legume (*Phaseolus vulgaris*) bar on healthy individuals. The objective of this work was to formulate a cereals and legume (*Phaseolus vulgaris*) bar and assess its impact on the glycemic response of healthy individuals, in order to contribute to the healthy food supply beneficial to consumers. A mixture of cereals (corn and oats) and different percentages (20 and 30%) of *Phaseolus vulgaris* was used to formulate the bar. Additionally, a legume cereal bar without legumes (bar control) was prepared. The bar with 30% of *Phaseolus vulgaris* was selected through sensory evaluation, being scored with better flavor and texture. This combination of cereals and legumes aminoacid improves complementation and reaches the formulation criteria previously established. Chemical characterization indicated a higher protein content in the bar with 30% of *Phaseolus vulgaris* (13,55%) relative to the bar control (8,5%). The contents of fat, ash and dietary fiber did not differ between the two bars evaluated. However, the soluble fiber and resistant starch of the selected bar was a 32,05% and 18,67%, respectively, than in the control bar; this may contribute to decreasing the rate of glucose uptake. The selected bar presented a low glycemic index (49) and intermediate glycemic load (12,0) in healthy volunteers, which could lead to a possible reduction in the rate of absorption of glucose into the bloodstream, associated with a carbohydrate content of slow absorption. This bar represents a proposal of a healthy snack for the consumer.

**Key Words:** Glycemic Index, Glycemic load, dietetic fiber, resistant starch, *Phaseolus vulgaris*.

### INTRODUCCIÓN.

Los carbohidratos presentes en los alimentos tienen una relación directa con el mantenimiento de los niveles de glucosa en sangre, a pesar de que difieren considerablemente en sus efectos sobre el incremento de dichos valores y las respuestas hormonales (insulina) después de una comida (1). Diversos autores coinciden en el hecho de que el síndrome de resistencia a la insulina in-

fluye en el riesgo de padecer enfermedades tales como diabetes tipo 2 y cardiopatía coronaria. Adicionalmente postulan que la ingesta de algunos tipos de carbohidratos puede producir dicha resistencia, así como perfiles lipídicos adversos (2,3).

El índice glicémico (IG) categoriza a los alimentos que contienen carbohidratos en relación a su capacidad de incrementar los niveles de glucosa en sangre (4,5). Este valor es producto de una serie de

factores físicos y químicos que interactúan en el alimento, entre los que destacan: las técnicas de procesamiento, técnicas culinarias, contenido de grasa, contenido de fibra y contenido de almidones del alimento (5). Algunos autores resaltan que es importante, no solamente tener en cuenta la cantidad, sino también la calidad y tipo de carbohidratos presentes en los alimentos (1,3).

Debido a que el IG depende de la cantidad de carbohidratos presentes en los alimentos y que la cantidad de carbohidratos consumidos en una comida o merienda varía considerablemente, el concepto de IG fue expandido para incluir el concepto de carga glicémica (CG) (6). La CG cuantifica el impacto de una porción habitual de un alimento con su determinado IG (5). El valor de CG incorpora la cantidad de carbohidratos digeribles por ración, con el fin de evaluar mejor el impacto de una comida o merienda en la respuesta de la glucosa postprandial (6).

Más recientemente, la importancia de los estudios realizados para determinar el IG y de CG de los alimentos radica en los posibles y probados efectos fisiológicos y terapéuticos de dietas que contengan alimentos de bajo IG no solamente en pacientes, obesos, diabéticos e hiperlipidémicos, sino también en individuos sanos (1,5,7). Se ha demostrado que los alimentos que contienen carbohidratos de absorción lenta prolongan la duración de la saciedad, lo que sugiere un papel preventivo en la génesis de la obesidad, enfermedades crónicas asociadas a la dieta e inclusive riesgo cardiovascular (6).

Las leguminosas son una buena fuente de carbohidratos y de proteínas de alta calidad (1). Entre los carbohidratos presentes en las leguminosas destaca el almidón, constituyente que puede representar hasta el 40% del peso seco de las leguminosas (8) y especialmente, cantidades significativas de almidón resistente, si se compara con los cereales o tubérculos (9). El contenido de almidón resistente, que representa la suma de las fracciones de almidón que no son digeridas ni absorbidas en el intestino delgado, ha demostrado tener una influencia positiva en la disminución de los niveles de glucosa sanguínea (8). Por su parte, la fibra dietética contribuye a la regulación de diversas funciones fisiológicas, como la función intestinal y ser factor preventivo del cáncer de colon, además de promover la disminución de la absorción intestinal de algunos nutrientes, específicamente del colesterol y la

glucosa en sangre (10). Por lo tanto, es relevante desde un punto de vista nutricional, aumentar el consumo de leguminosas y facilitar su inclusión en la dieta diaria (1).

Como idea derivada de los cereales listos para consumo, han surgido en el mercado las barras de cereales orientadas a diversos sectores de la población, las cuales entran dentro de la clasificación de las llamadas meriendas o “snack” (11). En este trabajo, la mezcla de cereales y leguminosas en la formulación de una merienda, tipo barra, es importante desde el punto de vista nutritivo, ya que al ser las leguminosas una buena fuente de lisina y los cereales de aminoácidos azufrados (12), se produce una complementación aminoacídica, que eleva la calidad de la proteína de la mezcla (13). Adicionalmente, los alimentos ricos en fibra soluble, como las leguminosas, puede afectar el metabolismo de la glucosa en individuos sanos y pacientes diabéticos, y en una mayor medida en alimentos a base de cereales con dicha fibra añadida (14).

De acuerdo a lo expuesto anteriormente, el objetivo de la presente investigación fue formular una barra a base de cereales y leguminosa (*Phaseolus vulgaris*) y evaluar su impacto sobre la respuesta glicémica de individuos sanos.

## MATERIALES Y METODOS.

### Materia prima

Para la elaboración de las barras cereales-leguminosas se utilizó una variedad blanca de *Phaseolus vulgaris* (Variedad Victoria). Los cereales utilizados fueron: avena en hojuelas y harina de maíz tostado (fororo), en la misma proporción. La leguminosa, los cereales, así como el resto de los ingredientes (coco seco, maní, semillas de ajonjolí, panela, mantequilla y huevo), fueron adquiridos en el comercio local, en sus respectivos empaques comerciales.

### Criterios de Formulación

Los criterios de formulación planteados fueron de tipo nutricional y funcional. Las barras formuladas debían aportar un 10%-15% del total de calorías consumidas durante el día, correspondiente al porcentaje de calorías recomendado para una merienda, según las recomendaciones del Instituto Nacional de Nutrición (15), basada en una dieta de 2000 Kcal/día. Además, la combinación de cereales y leguminosas en las proporciones 70% y 30%, ó 80% y 20% respectivamente, sugeridas

por Bressani (13), genera un alimento con una proteína de mayor calidad por la complementación aminoácida. Adicionalmente, se aumenta el contenido de fibra dietética soluble en el producto formulado.

#### **Obtención del triturado de *Phaseolus vulgaris***

Previo limpieza y selección, los granos de *Phaseolus vulgaris* se remojaron en una proporción 1:4 (leguminosa:agua) por 10 horas a 25 °C; posteriormente se drenó el agua del remojo. Los granos fueron cocidos (121°C x 45 min), bajo presión (2 atm) hasta ablandarse, se escurrieron y se secaron en horno convencional a 220 °C por un tiempo aproximado de 1,5 horas. Las hojuelas obtenidas fueron trituradas en mortero, hasta un tamaño de partícula de 20 mesh.

#### **Elaboración de productos**

Se formularon 2 barras con una mezcla cereales-leguminosa en una proporción 70%-30% y 80%-20%, respectivamente. Para la elaboración de las barras, primero se mezcló la mantequilla, el jarabe de papelón y el huevo. Esta mezcla, que actuó como aglutinante, se unió a la premezcla de ingredientes secos: triturado de *Phaseolus vulgaris*, harina de maíz tostado, avena en hojuelas, coco seco rallado, maní triturado y semillas de ajonjolí. La mezcla se vació y se comprimió de forma manual en una bandeja, horneándose a 220 °C por aproximadamente 15 minutos. Las barras elaboradas se dejaron reposar por 5 minutos y se cortaron con dimensiones 9 cm x 4cm x 1 cm. Adicionalmente, se elaboró una barra control con únicamente la mezcla de cereales (50% harina de maíz tostado - 50% avena en hojuelas, el resto de ingredientes permanecieron en iguales proporciones), de acuerdo al procedimiento descrito anteriormente, a fin de establecer las comparaciones con la barra de cereales extendida con leguminosas que resultase seleccionada.

#### **Aceptabilidad de las barras**

Se evaluaron las 2 formulaciones mediante la aplicación de una prueba de aceptabilidad, a través de una escala hedónica de 7 puntos, donde 1 correspondió a “me disgusta mucho” y 7 a “me gusta mucho”. Se trabajó con panelistas semientrenados, quienes evaluaron los parámetros: olor, color, sabor, textura y apreciación global. Así mismo, se les solicitó sus observaciones sobre las características de las barras.

#### **Caracterización proximal.**

La barra seleccionada se caracterizó químicamente. La muestra fue molida (Analyze MC-II, USA), tamizada (80 mesh) y almacenada en un desecador hasta

su uso. Los análisis químicos se realizaron de acuerdo a la metodología descrita en la AOAC (16): humedad (método 925.10), proteínas (método 960.52), grasa (método 920.39) y cenizas (método 923.03). El contenido de carbohidratos fue establecido por diferencia.

#### **Fibra dietética y almidón total y resistente.**

Para la cuantificación de la fibra dietética total, soluble e insoluble se utilizó el método enzimático gravimétrico de Prosky y colaboradores (17). El almidón total se determinó por hidrólisis enzimática, de acuerdo a la metodología descrita por Goñi y colaboradores (18). El contenido de almidón resistente se determinó de acuerdo a la metodología descrita por Goñi y colaboradores (19). El contenido de almidón disponible se obtuvo por diferencia entre los valores de almidón total y almidón resistente.

#### **Determinación del índice glicémico.**

Se siguió el procedimiento descrito en la literatura (4,20). La población escogida para esta prueba estuvo conformada por 9 voluntarios adultos sanos (4 hombres-5 mujeres), con edades comprendidas entre 25 y 40 años de edad, que no padecieran de diabetes mellitus o alguna enfermedad crónica (Tabla 1). Las variables antropométricas utilizadas como criterios de inclusión fueron peso, talla e índice de masa corporal (IMC), calculado a partir de los dos primeros. Se realizó una encuesta para asegurar que los individuos no estuviesen ingiriendo ningún medicamento o suplemento dietético o estuviesen embarazadas. Los sujetos leyeron y firmaron un consentimiento con información escrita acerca del protocolo, de acuerdo a lo establecido por la Comisión de Ética de la Universidad Simón Bolívar. Los sujetos fueron distribuidos al azar y se les practicaron dos curvas de glicemia postprandial con intervalo de una semana. La primera evaluación se realizó con el alimento estándar (pan blanco, cantidad suficiente para ingerir 50

TABLA 1 Características e indicadores bioquímicos de ingreso al estudio de índice glicémico de los sujetos participantes.

N° de sujetos	9
Sexo	5 femeninos / 4 masculinos
Edad (años)	37,02 ± 3,67
Peso (Kg)	66,62 ± 3,66
Talla (m)	1,67 ± 0,07
Índice de masa corporal (Kg/m <sup>2</sup> )	22,79 ± 3,11
Glucosa inicial (mg/dl)	93,2 ± 3,03

g de carbohidratos) y las siguientes semanas sucesivas la barra control y la barra seleccionada (cantidad suficiente para ingerir 50 g de carbohidratos). Cada una de estas evaluaciones se realizó por duplicado. El día de la prueba, las muestras fueron consumidas en un tiempo entre 10-12 min después de la toma basal. Fue autorizado el consumo hasta un máximo de 250 ml de agua durante la ingesta. Una muestra de sangre capilar fue tomada usando una lanceta (Accu-chek Softclix, Roche Diagnostics, España) en el tiempo 0 (basal) y a los 15, 30, 45, 60, 90 y 120 min. después de la ingesta de cada uno de los alimentos analizados. Las muestras de sangre fueron captadas en tiras reactivas y analizadas con un equipo analizador de glucosa (Accutrend-Sensor, Roche Diagnostics, España). Con las concentraciones de glucosa, expresadas como promedio  $\pm$  desviación estándar, se determinó el área bajo la curva (ABC), calculada con los valores por encima de la línea de base en el período de 2 h después de ingerido el alimento.

#### Carga glicémica (CG).

La CG representa una medida derivada del valor del IG del alimento en estudio y se calcula de acuerdo a la siguiente fórmula (5):

$$CG = \frac{IG \times CHO \text{ por porción de alimento}}{100}$$

Donde:

IG: Índice glicémico del alimento a evaluar.

CHO: Carbohidratos presente en el alimento por porción.

Los valores resultantes han sido categorizados en CG alta  $>20$ , CG media 11-19 y CG baja  $<10$  (5).

#### Análisis estadístico

Todos los resultados fueron expresados como el promedio de tres determinaciones  $\pm$  desviación estándar. Para determinar si existían o no diferencias significativas se aplicó un análisis de varianza de una vía (ANOVA) y un Test de Duncan para la comparación de medias, usando el programa estadístico STATGRAPHICS PLUS 5.1. El nivel de probabilidad empleado para todos los análisis estadísticos fue de  $p \leq 0,05$ .

## RESULTADOS.

En la Tabla 2 se presentan los resultados obtenidos

TABLA 2 Valores promedios resultantes de la prueba de aceptabilidad para cada tipo de barra formulada.

Tipos de barras	Apreciación Global				
	Color	Olor	Sabor	Textura	Global
I	6,53 $\pm$ 1,1 <sup>a</sup>	6,13 $\pm$ 0,2 <sup>a</sup>	6,50 $\pm$ 1,2 <sup>a</sup>	6,10 $\pm$ 1,2 <sup>a</sup>	6,70 $\pm$ 1,1 <sup>a</sup>
II	6,26 $\pm$ 0,8 <sup>a</sup>	6,13 $\pm$ 0,5 <sup>a</sup>	5,26 $\pm$ 0,5 <sup>b</sup>	5,83 $\pm$ 0,8 <sup>a</sup>	5,80 $\pm$ 0,9 <sup>b</sup>

I: Barras 30% de sustitución de *Phaseolus vulgaris*, II: Barras 20% de sustitución de *Phaseolus vulgaris*. Para cada tipo de barra, letras diferentes en una misma columna implican diferencias significativas  $P \leq 0,05$ .

en la prueba de aceptabilidad a nivel de laboratorio.

En relación a la aceptabilidad de las barras formuladas con un 30% y 20% de leguminosas se observaron diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ ) solo en los parámetros de sabor y apreciación global. El sabor fue mejor evaluado en la barra con 30% de sustitución, probablemente debido a la textura de la barra, que la hacía más crocante y la suposición de un mayor contenido de fibra, de acuerdo a lo manifestado por los panelistas. En ese mismo sentido, en cuanto a la apreciación global, los panelistas presentaron mayor inclinación hacia la barra con 30% de leguminosa, por lo que esta resultó la seleccionada para continuar el estudio.

En la tabla 3 se presentan los resultados correspondientes a los análisis fisicoquímicos para la barra control y la barra de cereales con un 30% de sustitución con *Phaseolus vulgaris*. En relación al contenido de proteínas, la barra de cereales- leguminosa presentó un 13,55% de contenido proteico, siendo este valor estadísticamente superior que el obtenido en la barra control (8,5%) ( $p \leq 0,05$ ). En cuanto al contenido de

TABLA 3 Composición proximal, fibra dietética y contenido de almidones de los dos tipos de barras analizados (g/100 g).

	Control	I
Proteínas	8,5 $\pm$ 1,02 <sup>a</sup>	13,55 $\pm$ 0,11 <sup>b</sup>
Grasa	20,75 $\pm$ 0,89 <sup>a</sup>	21,85 $\pm$ 0,6 <sup>a</sup>
Carbohidratos	66,89 $\pm$ 0,25 <sup>a</sup>	60,47 $\pm$ 0,05 <sup>b</sup>
Cenizas	1,79 $\pm$ 0,45 <sup>a</sup>	1,86 $\pm$ 0,04 <sup>a</sup>
Fibra total	6,89 $\pm$ 0,23 <sup>a</sup>	6,93 $\pm$ 0,1 <sup>a</sup>
Fibra soluble	1,56 $\pm$ 0,8 <sup>a</sup>	2,06 $\pm$ 0,04 <sup>a</sup>
Fibra insoluble	5,33 $\pm$ 1,1 <sup>a</sup>	4,87 $\pm$ 0,2 <sup>a</sup>
Almidón Total	39,59 $\pm$ 0,56 <sup>a</sup>	42,5 $\pm$ 0,47 <sup>b</sup>
Almidón resistente	17,78 $\pm$ 0,89 <sup>a</sup>	21,11 $\pm$ 0,15 <sup>b</sup>
Almidón disponible	21,81 $\pm$ 1,06 <sup>a</sup>	21,39 $\pm$ 0,22 <sup>a</sup>

I: Barras 30% de sustitución de *Phaseolus vulgaris*. Carbohidratos calculados por diferencia. Almidón disponible calculado por diferencia entre almidón total - almidón resistente. Letras diferentes entre columnas indican diferencias estadísticamente significativas  $P=0,05$



grasas y cenizas, los valores obtenidos no presentaron diferencias estadísticamente significativas ( $p \leq 0,05$ ), encontrándose valores de grasa para la barra control y la barra con un 30% de sustitución con *Phaseolus vulgaris* de 20,75% y 21,85% respectivamente, y para las cenizas de 1,79% y 1,82% respectivamente.

El contenido de carbohidratos para la barra control y la barra con un 30% de sustitución con *Phaseolus vulgaris* se ubicó en 66,89% y 60,47%, respectivamente, encontrándose diferencias estadísticamente significativas ( $p \leq 0,05$ ) entre ambos. De acuerdo a la composición proximal reportada, ambas barras representan un producto con un aporte calórico acorde a la recomendación establecida para una merienda en una dieta de un adulto sano.

En cuanto al contenido de fibra, la barra con un 30% de sustitución con *Phaseolus vulgaris* presentó un contenido de 6,93 g/100g, con un aporte de fibra soluble e insoluble de 2,06 g/100g y 5,87 g/100g, respectivamente. Los valores de fibra total y fibra insoluble no mostraron diferencias estadísticamente

significativas ( $p \leq 0,05$ ) con relación a los valores encontrados en la barra control de cereales, mientras que para el contenido de fibra soluble se observó un incremento del 32,05%, con respecto a la fibra soluble de la barra control.

En relación a el contenido de almidones, la barra de cereales con 30% de sustitución de *Phaseolus vulgaris* presentó un contenido de almidón total de 42,05 g/100g y almidón resistente de 21,11 g/100g, lo que representa un incremento de 7,35% y 18,67% en relación a la barra control, respectivamente. Para el almidón disponible, la barra con un 30% de sustitución con *Phaseolus vulgaris* presentó un valor de 21,39 g/100g, sin diferencias estadísticamente significativas ( $p \leq 0,05$ ) al valor encontrado para la barra control (21,81 g/100g).

En la Figura 1 se muestra el incremento de la glucosa en sangre en sujetos sanos posterior a la ingesta de pan blanco (alimento de referencia), barra control (solo cereales) y barra de cereales con 30% de sustitución de *Phaseolus vulgaris* para la estimación del ín-

TABLA 4 Índice glicémico y carga glicémica de las barras desarrolladas.

	IG	Tamaño de la porción habitual (g)	CHO disponibles (g)	Carga glicémica
Barra de cereales	66 <sup>a</sup>	40	26,75	17,65 <sup>a</sup>
Barra de cereales-leguminosa	49 <sup>b</sup>	40	24,1	12,06 <sup>b</sup>

Letras diferentes entre columnas indican diferencias estadísticamente significativas  $P=0,0$

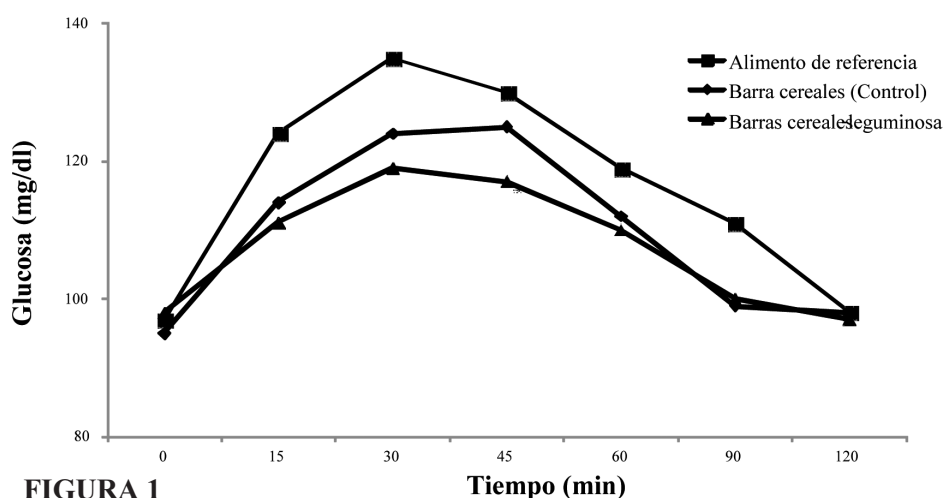


FIGURA 1

Incremento del valor de glucosa en sangre en sujetos sanos posterior a la ingesta de pan blanco (alimento de referencia) (-■-), barra de cereales (control) (-◆-) y barra de cereales con 30% de sustitución de *Phaseolus vulgaris* (-▲-) para la estimación del índice glicémico.

dice glicémico. El mayor incremento de las curvas de glucosa postprandial se observa con el alimento de referencia, a los 15 y 30 minutos, comenzando el descenso a partir de los 45 minutos y volviendo a su nivel basal (glicemia en ayunas) al final de la prueba. El incremento de la curva correspondiente a barra de cereales con 30% de sustitución de *Phaseolus vulgaris* presentó el mismo comportamiento que el alimento de referencia, pero con incrementos menores a los reportados para este último. El incremento observado presenta un pico máximo de glucosa a los 30 minutos, luego desciende gradual y significativamente ( $p \leq 0,05$ ), con respecto al alimento de referencia, a partir de los 45 min, llegando a ser inclusive ligeramente inferior al valor a tiempo 0, a los 120 minutos de la ingesta. Para la barra control, el incremento en la glucosa se mantiene hasta el minuto 45, comenzando su descenso a los 60 min posteriores a la ingesta y llegando nuevamente a su valor basal de inicio de la prueba. Las concentraciones máximas de glucosa fueron de  $118 \pm 2,56$  mg/dl y  $125 \pm 3,89$  mg/dl para las barras de cereales con 30% de sustitución de *Phaseolus vulgaris* y barra control a los tiempos de 30 min y 45 min, respectivamente.

Con los datos obtenidos del ABC del alimento de referencia y las dos barras evaluadas se obtuvo el valor de índice glicémico y carga glicémica (Tabla 4). El índice glicémico obtenido para la barra de cereales con 30% de sustitución de *Phaseolus vulgaris* fue de 49, considerado como un alimento de índice glicémico bajo, mientras que el valor encontrado para la barra control fue de 66. En relación a la carga glicémica de la barra con un 30% de sustitución con *Phaseolus vulgaris* y la barra control esta se encontró en 12,0 y 17,6, respectivamente, para un tamaño de ración de 40 g. La carga glicémica de ambas barras fue calificada de intermedia.

## DISCUSION.

La formulación de las barras de cereales y barra de cereales extendida con *Phaseolus vulgaris* se inició con una serie de pruebas preliminares, a los fines de ajustar las fórmulas desarrolladas a las características propias de una barra. Por ello se trabajó con los diferentes ingredientes hasta conseguir el sabor, la textura y la apariencia adecuada, tomando en consideración el tiempo de horneado de las mismas, ya que este pa-

rámetro influyó de manera notoria en la textura y calidad del producto final.

Los panelistas prefirieron la barra con 30% de sustitución de *Phaseolus vulgaris*, lo que favorece los criterios de formulación establecidos.

Una vez seleccionado el porcentaje de sustitución de *Phaseolus vulgaris* en la barra de cereales, se procedió a la caracterización química de la barra seleccionada y la barra utilizada como control. El contenido de proteínas fue significativamente mayor ( $p \leq 0,05$ ) en la barra de cereales extendida con 30% de *Phaseolus vulgaris*. Al elaborar las barras con una mezcla de cereales-leguminosa se busca incrementar la calidad de la proteína, y ofrecer un producto con una complementación aminocídica de alta calidad (13), además de su contenido. El contenido de grasa no presentó diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ ) entre las dos barras analizadas. Es de hacer notar que el contenido de grasa en las barras desarrolladas fue ligeramente alto, si se compara con algunas barras comerciales y es consecuencia de los ingredientes utilizados. Sin embargo, la grasa proveniente del ajonjolí, maní y el coco seco, empleados en su elaboración, es rica en ácidos grasos esenciales indispensables para el mantenimiento de una buena la salud (12).

Está demostrado que las dietas ricas en fibra dietética son efectivas en la reducción de los niveles de glucosa en sangre (6). La barra de cereales extendida con 30% de *Phaseolus vulgaris* presentó un contenido de fibra significativo para la merienda en la dieta de un adulto sano. Y más específicamente, un contenido de fibra soluble importante, que podría contribuir con la disminución de la velocidad de absorción de la glucosa. Baldeón-Chamorro (10) menciona que la fibra soluble tiene la propiedad de formar soluciones de gran viscosidad a nivel intestinal, en combinación con los ácidos urónicos intestinales. La acción combinada de las características de la fibra y las condiciones que se establecen en el medio intestinal durante la digestión, posibilitan dicho efecto.

Uno de los mecanismos propuestos para la reducción de los niveles de glucosa en sangre consiste en la viscosidad que proporcionan los polisacáridos, ocasionando un aumento en la resistencia de la difusión de los nutrientes al lumen del intestino delgado y, por tanto, una menor absorción a través de las paredes intestinales, lo que reduce la cantidad y velocidad de entrada del azúcar en el torrente circulatorio (21).

Adicionalmente, es un concepto probado que los  $\beta$ -glucanos presentes en la avena, contenida en la barra desarrollada, reduce la glucosa y la respuesta a la insulina en adultos, formando geles de alta viscosidad, retrasando el vaciado gástrico y/o la absorción intestinal, lo que resulta en respuestas glicémicas más bajas (22). Algunos autores señalan que el consumo de avena en forma de la hojuela entera u horneada entera favorece aun más dicha respuesta (1,22), como es el caso de la avena empleada en la elaboración de las barras desarrolladas, y favorecida con la incorporación de *Phaseolus vulgaris*, en la barra de cereales-leguminosa.

Para estudiar la relación causa-efecto de la fibra dietética sobre la glicemia, es importante considerar el almidón, cuya velocidad de digestión es afectada por las características inherentes y adquiridas de los alimentos. Está demostrado que la mayoría de las leguminosas promueven bajas respuestas glicémicas postprandiales y contienen cantidades apreciables de almidón resistente (1,8). En la barra de cereales extendida con 30% de *Phaseolus vulgaris* el contenido de almidón resistente resultó ser un 18,67% mayor que el contenido en la barra control, posiblemente debido a la incorporación de dicha leguminosa en la fórmula. Las semillas de leguminosas presentan propiedades estructurales, asociadas a la rigidez y resistencia de las paredes celulares del cotiledón, que pueden disminuir la susceptibilidad de sus componentes al ataque enzimático, factor determinante en la tasa de digestibilidad del almidón, tanto *in vitro* como *in vivo* (1,8).

Se ha postulado que una dieta rica en alimentos con IG alto induciría resistencia insulínica, al asociarse con mayores niveles insulinémicos en respuesta a una carga elevada de glucosa (5). La barra de cereales extendida con 30% de *Phaseolus vulgaris* presentó un IG calificado como Bajo (IG 49). Cervantes (24) utilizó una mezcla de harina de trigo y residuos industriales de guayaba deshidratada, adicionada con probióticos, en la formulación de una barra energética. El contenido de residuo de guayaba influyó directamente en la concentración de almidón total al ser estadísticamente menor ( $p \leq 0.05$ ) con respecto al control y mayor en el contenido de almidón resistente, por la fracción no digerible presente en el residuo. La barra tuvo un índice glicémico de 58.1, clasificando como un alimento de bajo índice glicémico. Por todo lo anteriormente expuesto, se recomienda el consumo de alimentos ricos en fibra dietética, especialmente solu-

ble (6), y almidón resistente, para así controlar la velocidad con la que incrementa la concentración de azúcar en sangre, en beneficio de la salud.

Es importante calcular la carga glicémica de un alimento, ya que toma en cuenta el tamaño de la porción del alimentos. Es decir, para obtener el índice glicémico de la barra de cereales y extendida con 30% de *Phaseolus vulgaris* se utilizaron 80 g de barra, ya que estos contenían 50 g de carbohidratos, sin embargo para calcular la carga glicémica de la barra cereales-leguminosas se toma la porción calculada de 40g. Igualmente ocurrió con la barra control. La carga glicémica de ambas barras se ubicó en intermedia. La carga glicémica puede ser la misma en un alimento alto en carbohidratos y un índice glicémico bajo o en un alimento con bajo contenido de carbohidratos con un índice glicémico alto, debido a que se ajusta al tamaño de la porción (21). Sin embargo, mientras que los efectos de la glicemia postprandial pueden ser similares, los efectos metabólicos pueden ser diferentes en función de las células beta del páncreas, en las concentraciones de triglicéridos, ácidos grasos libres y sobre la saciedad (21, 22).

## CONCLUSIÓN.

La barra de cereales con un 30% de sustitución con *Phaseolus vulgaris* formulada presenta una respuesta glicémica baja en pacientes sanos, lo que se traduce en un IG bajo y CG intermedia, asociada a un contenido de carbohidratos de absorción lenta. La barra desarrollada representa una propuesta de alimento beneficioso para la salud del consumidor

## REFERENCIAS.

1. Björck I, Granfeldt Y, Liljeberg H, Tovar J, Asp N. Food affecting the digestion and absorption of carbohydrates. *Am J Clin Nutr.* 1994; 59(Suppl): 699S-705S.
2. Jenkins A, Jenkins D, Zdravkovic U, Wursch P, Vuk-san V. Depression of the glycemic index by high levels of b-glucan fiber in two functional foods tested in type 2 diabetes. *Euro J Clin Nutr.* 2002; 56: 622-628.
3. Brand-Miller J, Thomas M, Swan V, Ahmad Z, Petocz P, Colagiuri S. Physiological validation of the concept of glycemic load in lean young adults. *J Nutr.* 2003; 133: 2728-2732.
4. Wolever T, Jenkins D, Jenkins A, Josse R. The Glyce-

- mic Index: methodology and clinical implications. *Am J Clin Nutr.* 1991; 54:846-854.
5. Arteaga, A. El índice glicémico: una controversia actual. *Nutr. Hosp.* 2006; 21(2):55-60.
  6. Blair R, Henley E, Tabor A. Soy foods have low glyce- mic and insulin response indices in normal weight sub- jects. *Nutr J.* 2006; 35(5):1-10.
  7. Cassab M, Lajolo F, De Menezes E. Glycemic Index: Effect of food storage under low temperature. *Braz. Arch. Biol. Tech. Intern. J.* 2004; 47(4):569-574.
  8. Tovar J, Fernandez M, Blanco A. Digestibilidad in vitro del almidón en preparaciones cocidas y molidas de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). *Interciencia.* 2005; 30(12): 780-783.
  9. Chiou S, Chen H, Jeng T, Sung J. Microstructures of starch granule, starch digestibilities and predicted glycaemic index of common bean mutants in Taiwan. *Int J Food Sci Tech.* 2011; 46: 1646-1653.
  10. Baldeón-Chamorro, E. Fibra dietética. Fundamento, Importancia y Aplicaciones. 1a Edición. Lima: Uni- versidad Nacional Agraria La Molina; 2007.
  11. Iñarritu M, Vega F. Las barras de cereales como ali- mento funcional en los niños. *Rev Mex Pediatr.* 2005; 68(1):8-12.
  12. Almeida-Dominguez N, Valencia M, Higuera-Ciapara I. Formulation of corn-based snacks with high nutritive value: biological and sensory evaluation. *J Food Sci.* 1990; 55(1):228-231.
  13. Bressani R. Factors influencing nutritive value in food grain legumes: Mucuna compared to other grain legu- mes. En: Food and feed from Mucuna: Current user and the way forward. Proceedings of an International Workshop. Tegucigalpa, Honduras; 2002. p 164-188.
  14. Mann J, Cummings J, Englyst H, Key T, Liu S, Ric- cardo G, Summerbell C, Uauy R, Van Dam R, Venn B, Vorster H, Wiseman M. FAO/WHO Scientific Update on carbohydrates in human nutrition: Conclusions. *Euro J Clin Nutr.* 2007; 61(Suppl 1):S132-S137.
  15. Instituto Nacional de Nutrición (INN). Valores de re- ferencia de energía y nutrientes para la población ve- nezolana. Publicación N° 53. Serie de cuadernos azules. Caracas (Venezuela): Ministerio del Poder Po- pular para la Alimentación; 2000.
  16. Association of Official Analytical Chemistry (AOAC). Official Methods of Analysis. Washington D.C (USA): AOAC; 1990.
  17. Prosky L, Asp N, Scheweiser E, Devries J, Furda Y. Determination of insoluble, soluble, and total fibre in foods and food product. Interlaboratory study. *J Assoc Anal Chem.* 1992; 75:1017-1023.
  18. Goñi I, García-Alonso A, Saura-Calixto F. A starch hydrolysis procedure to estimate glycemic index. *Nutr Res.* 1997; 17:427-437.
  19. Goñi I, García-Díaz L, Mañas E., Saura-Calixto F. Analysis of resistant starch: a method for foods and food products. *Food Chem.* 1996; 56:445-449.
  20. Goñi I, Valentín-Gamazo C. Chickpea flour ingredient slows glycemic response to pasta in healthy volunte- ers. *Food Chem.* 2003; 81: 511-515.
  21. Torres y Torres N, Palacios-González B, Noriega- López L, Tovar-Palacio A. Índice glicémico, índice in- sulinémico y carga glicémica de bebidas de soya con un contenido alto y bajo en hidratos de carbono. *Rev. Invest. Clin.* 2006; 58(5):487-497.
  22. Hallfrisch J, Behall K. Mechanisms of the Effects of Grains on Insulin and Glucose Responses. *J Amer Coll Nutr.* 2000; 19(3): 320S-325S.
  23. Cervantes JN. Diseño y elaboración de una barra ener- gética aprovechando un residuo agroindustrial incor- porada con un probiótico (Tesis de Maestría). Distrito Federal (MX): Instituto Politécnico Nacional; 2011.

Recibido: 22-05-2013

Aceptado: 12-09-2013